

Untersuchungen zur Wirkungsintensität einer Rejuvenilisierung nach der In-vitro- Vermehrung ausgewählter Gehölzpezies am Merkmal der Adventivwurzelbildung

D i s s e r t a t i o n

[PDF-Version]



zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum horticulturnarum
(Dr. rer. hort.)

eingereicht an der

Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin

von

Diplom-Gartenbauingenieur Rita Anita Litauszky

geboren am 08.02.1971 in Szarvas (Ungarn)

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin:

Prof. Dr. Dr. h. c. Hans Meyer

Dekan der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät:
Prof. Dr. Dr. h. c. Ernst Lindemann

Gutachter: 1. Prof. Dr. sc. Hans-Heinrich Jesch
 2. Prof. Dr. sc. Hans-Günther Kaufmann
 3. Prof. Dr. Gábor Schmidt

Tag der mündlichen Prüfung: 23.07.1999

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1. Bedeutung der Rejuvenilisierung bei Gehölzen	6
1.2. Literaturübersicht	5
Vegetative Vermehrbarkeit von Gehölze	6
Juvenilität der Pflanzen	7
Rejuvenilisierung	8
Die In-vitro-Vermehrung und ihre Möglichkeiten	9
Überwinterung bewurzelter Stecklinge	10
1.3 Zielstellungen für eigene Untersuchungen	10
2. Material und Methoden	12
2.1. Histologische Untersuchungen zur Adventivwurzelbildung	12
2.1.1. Pflanzenmaterial	12
2.1.2. Versuchsablauf	12
2.1.2.1. Fixieren und Einbetten der Gewebestücke	12
2.1.2.2. Schneiden am Mikrotom	12
2.1.2.3. Anfärben der Mikrotomschnitte	13
2.1.3. Auswertung der Mikrotomschnitte am Mikroskop	13
2.2. Peroxidase-Aktivität im Stecklingsgewebe	13
2.2.1. Pflanzenmaterial	13
2.2.2. Versuchsablauf	13
2.2.2.1. Aufbereitung des Pflanzenmaterials	13
2.2.2.2 Bestimmung der Peroxidase-Aktivität und des Protein-Gehaltes	14
2.3. Versuche zur Adventivwurzelbildung	16
2.3.1. Pflanzenmaterial	16
2.3.2. Zustand und Qualität der Mutterpflanzen	18
2.3.3. Versuchsablauf	19
2.3.4. Messungen und Bonituren	21
2.3.5. Statistische Auswertung	21
2.4. Versuche zum Überwinterungsverhalten	22
2.4.1. Pflanzenmaterial	22
2.4.2. Versuchsablauf	22
2.4.3. Messungen und Bonituren, statistische Auswertung	24
3. Versuchsergebnisse	25
3.1. Histologische Untersuchungen	25

<i>Corylopsis pauciflora</i>	25
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	29
<i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'	30
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	31
3.2 Untersuchungen zur Peroxidase-Aktivität	31
<i>Syringa-Vulgaris</i> -Hybriden	33
<i>Corylopsis pauciflora</i>	35
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	37
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	37
<i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'	39
3.3 Stecklingsbewurzelung	40
<i>Syringa-Vulgaris</i> -Hybriden	40
<i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'	46
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	48
<i>Prunus serrulata</i> 'Kanzan'	48
<i>Prunus triloba</i>	50
<i>Amelanchier laevis</i> 'Ballerina'	50
<i>Corylopsis pauciflora</i>	52
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	54
<i>Tilia cordata</i> 'Wega'	56
3.4. Steckholzbewurzelung	58
<i>Syringa-Vulgaris</i> -Hybriden	58
<i>Prunus serrulata</i> 'Kanzan'	59
<i>Tilia cordata</i> 'Wega'	60
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	60
3.5. Überwinterungsversuche bei <i>Tilia cordata</i> 'Wega'	61
4. Diskussion	65
4.1. Histologie	65
4.1.2. Zeitlicher Ablauf der Adventivwurzelbildung	65
4.1.3. Histologischer Vergleich juveniler und adulter Triebe	66
4.2. Peroxidase-Untersuchungen	68
4.3. Vergleich der Adventivwurzelbildung von Stecklingen innerhalb eines Genotyps und zwischen den Genotypen.	70
4.3.1. Einfluß der Mutterpflanzenjuvenilität auf die Stecklingsvermehrung	70
4.3.2. Dauer des Rejuvenilisierungseffektes durch In-vitro-Vermehrung	74
4.3.3. Einfluß des Mutterpflanzenrückschnittes	75

4.3.4. Einfluß des Stecktermins	76
4.3.5. Witterungsbedingte Schwankungen	76
4.4. Vergleich der Adventivwurzelbildung von Steckhölzern innerhalb eines Genotyps und zwischen den Genotypen.	77
4.3. Überwinterung	78
 5. Schlußfolgerungen	80
5.1. Schlußfolgerungen aus den eigenen Untersuchungen	80
5.2. Empfehlungen für die Praxis	81
5.3. Empfehlungen für weiterführende Untersuchungen	82
 6. Zusammenfassung	83
 7. Literaturverzeichnis	85
 8. Tabellenverzeichnis	93
 9. Abbildungsverzeichnis	94
 1	

1. Einleitung

1.1 Bedeutung der Rejuvenilisierung bei Gehölzen

Seit Ende der 70-er Jahre werden Ziergehölze in größerem Umfang in vitro vermehrt (JONES und HOPGOOD 1979). Bei diesen Gehölzen werden nach der In-vitro-Vermehrung oft Veränderungen in bestimmten Merkmalsausprägungen verzeichnet. Diese Merkmalsänderungen betreffen sowohl morphologische als auch phänologische und physiologische Eigenschaften der Gehölze.

Ein wichtiges Kriterium im Hinblick auf die Vermehrung eines modernen Gehölzsortimentes über Stecklinge/Steckhölzer ist die Adventivwurzelbildung. Alle Hypothesen in der einschlägigen Fachliteratur gehen von der Annahme aus, daß in vitro vermehrte Pflanzen ein höheres Potential zur Adventivwurzelbildung besitzen (HACKETT, 1985). Jahrelange Versuche im Fachgebiet Vermehrungstechnologie/Baumschulwesen bestätigen diese Annahme.

Folgt man diesen Hypothesen, ist die in vitro vermehrte Pflanze nicht das Endprodukt, sondern diese Pflanzen können eine große Bedeutung als Mutterpflanzen für konventionelle Vermehrungsverfahren besitzen (WALDENMAIER und BÜNEMANN 1993).

Damit scheint es möglich, auch bisher schwerbewurzelnde Arten und Sorten von Gehölzen (*Syringa-Vulgaris*-Hybriden, *Zier-Prunus* u.a.) wirtschaftlich sinnvoll autovegetativ (z.B. durch Stecklinge) zu vermehren (WALDENMAIER 1991). Viele bedeutende Gehölze wurden bisher ausschließlich xenovegetativ (durch Veredlung) vermehrt.

Von entscheidender Bedeutung ist die Frage, wie lange der Rejuvenilisierungsstatus bei vegetativ erzeugten Nachkommen von In-vitro-Mutterpflanzen bzw. bei diesen selbst andauert. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt im Vergleich der Adventivwurzelbildung bei Stecklingen/Steckhölzern mehrerer Jahrgänge von In-vitro-Mutterpflanzen mit Stecklings-Steckholz-Material von konventionell vermehrten Mutterpflanzen. Dabei werden auch Studien zur Lokalisation und zum zeitlichen Ablauf der Adventivwurzelbildung an den oben genannten Gehölzen gemacht, um Unterschiede zwischen den einzelnen Mutterpflanzenherkünften festzustellen.

Es werden Erkenntnisse erwartet, die die positive Auswirkung des Rejuvenilisierungs-prozesses nach der In-vitro-Vermehrung auf die Adventivwurzelbildung bekräftigen und das auch bei bisher wenig untersuchten Arten und Sorten.

1.2 Literaturübersicht

1.2.1 Vegetative Vermehrbarkeit von Gehölze

Die Stecklingsvermehrung ist eine der wichtigsten autovegetativen Vermehrungsmethoden (BÄRTELS 1996, SPETHMANN 1997 u.a.). Der Bewurzelungsprozeß basiert auf der Totipotenz pflanzlicher Zellen, d. h. die Pflanzen sind im Extremfall in der Lage, aus einer einzigen Zelle oder einem Zellverband wieder den gesamten Organismus aufzubauen (HACKETT 1988, HARTMANN et al. 1990). So stellt die Adventivwurzelbildung einen Regenerationsprozeß nach Abtrennen von der Mutterpflanze dar (LYR et al. 1992, STRASSBURGER 1991).

Die Adventivwurzeln können an isolierten Sproßteilen durch Austreiben bereits angelegter ruhender Wurzelprimordien (u. a. *Salix*, *Populus*) gebildet werden, oder bei Genotypen, die keine vorgeformten Primordien besitzen, müssen diese neu induziert werden (LYR et al. 1992). Die Adventivwurzelbildung der Stecklinge kann nach HARTMANN et al. (1990) in folgende Abschnitte unterteilt werden:

1. Remeristematisierung, zelluläre Differenzierung mit anschließender Wurzelinitialenbildung.
2. Differenzierung von Wurzelprimordien, in denen sich ein neues Gefäßsystem entwickelt.
3. Anschluß der neuen Gefäße an die Leitbündel des Stecklings, Ausbildung der Wurzelhaube, Wachstum und Austritt der neuen Wurzel.

Die Wurzelprimordien bestehen aus einer kleinen Gruppe cytoplasmatisch dichter Zellen mit einem deutlich sichtbaren Zellkern und befinden sich innerhalb der Epidermis (HÜBL et al. 1984). Als Wurzel

wird das Entwicklungsstadium bezeichnet, bei dem die Primordien makroskopisch sichtbar die Epidermis durchbrochen haben (DEMBNY 1987).

Die Wurzelregeneration kann direkt, aus wieder meristematisch gewordenen Zellgruppen (Wurzelinitialen), oder indirekt, über eine Kallusbildung erfolgen (SKOLIDIS et al. 1990b). Die möglichen Entstehungsorte von Wurzelinitialen sind Kambium, Interfasciculärkambium, Pericycel, Phloem, Rindenparenchym oder die Markstrahlen (FRIEDRICH et al. 1986, LIBBERT 1993, LYR et al. 1992). Die Wurzelbildung findet gewöhnlich in der Nähe des sich differenzierenden Gefäßsystems des Stecklings statt. Die Herstellung einer Verbindung der Leitgewebe von Wurzel und Steckling ist damit erleichtert (ESAU 1969). Der Kallus entwickelt sich in der Regel aus dem Kambium. Dieses Wundgewebe kann sich zonenweise meristematisieren und Wurzelinitialen ausbilden, jedoch ist die Wurzelbildung aus dem Kallusgewebe eine Ausnahme (SPETHMANN 1997). Starke Kallusbildung kann das Auswachsen der Wurzelprimordien sogar behindern. Beides sind konkurrierende Prozesse.

Die schwierige Bewurzelung der Gehölze wurde von vielen Autoren auf das Vorhandensein von Sklerenchymzellen mit dicht lignifizierten Zellwänden zurückgeführt. Der Sklerenchymring kann bei einigen Gehölzen (*Fagus*, *Prunus*, *Quercus*) eine physiologische oder mechanische Barriere für die Adventivwurzelbildung darstellen (BEAKBANE 1969, SCHMIDT und FOUDA 1994). Im Gegensatz dazu fanden DAVIES et al. (1982) keinen Zusammenhang zwischen der Sklerenchymdichte und der Bewurzelungsfähigkeit.

Der Bewurzelungserfolg ist von endogenen und exogenen Faktoren abhängig (COUVILLON 1988). Zu den endogenen Faktoren gehören das genetisch verhandene Bewurzelungspotential der Pflanzen, das physiologische Alter und der Zustand der Mutterpflanze sowie der Hormonhaushalt und Entnahmeort des Stecklings (HARTMANN et al. 1990, SCHMIDT 1997 u.a.). Die exogenen Faktoren sind der Stecktermin (SPELLERBERG 1985), die Luftbefeuchtung (Vermehrungssystem), Wachstumsstoffe (SCHMIDT 1977) und das Substrat (SPETHMANN 1982, 1986).

Die Einstufung der Gehölze von leicht- bis schwervermehrbar ist am besten an ihren Ansprüchen an spezifische Kulturparameter erkennbar. Als einer der wichtigsten Parameter für den Vermehrungserfolg wird die Juvenilität der Mutterpflanze betrachtet (SPETHMANN 1997).

1.2.2 Juvenilität der Pflanzen

Eine Pflanze durchläuft in ihrem Leben verschiedene Entwicklungsphasen. Es besteht aber bei den verschiedenen Autoren, die sich mit diesem Thema beschäftigten, keine Einheitlichkeit bei der Abgrenzung der einzelnen Phasen.

HACKETT (1988) unterscheidet zwei Phasen voneinander und definiert die Juvenilität als Abschnitt des Nichtblühens, wobei auch mit blühinduzierenden Maßnahmen kein Blühen erreicht werden kann. In der zweiten Phase (adulte Phase) wird die Blühfähigkeit erreicht, es kommt zu verschiedenen Änderungen von morphologischen, entwicklungsbezogenen und physiologischen Eigenschaften. Die Veränderungen dieser Eigenschaften sind von Art zu Art unterschiedlich ausgeprägt.

PIERIK (1990) postuliert, daß die Maturität stark mit der Blühfähigkeit korreliert, bestreitet jedoch, daß die Alterung eindeutig damit definiert werden kann. Es gibt nämlich Beobachtungen, daß bei einigen Koniferen auch in der Jugendphase Blüten induziert werden können.

Die Begriffe „Juvenilität“ und „Maturität“ können bisher nicht meßbar und deshalb auch nicht abschließend definiert erfaßt werden, außerdem können Umwelteinflüsse die inneren Entwicklungsabläufe überdecken und konvergente Auswirkungen haben (LYR et al. 1992). Es gibt jedoch viele physiologische, morphologische und phänologische Merkmale, durch die sich junge und alte Pflanzen der gleichen Species unterscheiden. Dazu zählen z.B. Jugendbenadelung bei *Juniperus* (SCHMIDT 1989, 1995) oder die Jugendblätter von *Hedera*. Auch die Anatomie der Blätter, insbesondere die Blattdicke und die Stomatadichte, wurde von mehreren Autoren untersucht (WALDENMAIER und SCHMIDT 1990, 1993, GINSING und ZWIGART 1995). Bei zahlreichen Obsthölzern (Apfel, Birne, Pflaume, Aprikose, *Citrus*) wurde die Dornenentwicklung als juveniles Merkmal beobachtet (HARTMANN 1984a).

Es gibt Bestrebungen, auch ein biochemisches Merkmal für das Unterscheiden adulter und juveniler Pflanzen zu finden. Bei *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl. wurde ein höheres Peroxidase-Protein-Verhältnis bei den juvenilen Pflanzen gegenüber den adulten beobachtet. Auch MONCOUSIN und GASPARD (1983) untersuchte die Peroxidase-Aktivität bei *Cynara scolymus* L., um dadurch Schlußfolgerungen auf den Juvenilitätsstatus und die Bewurzelungsfähigkeit der Pflanze zu ziehen (PIERIK 1990).

Auf Grund der verschiedenen Merkmale beschreibt LYR (1992) fünf aufeinanderfolgende Entwicklungsphasen, die wie folgt lauten:

1. Embryonale Phase (Progerminale Phase)
2. Jugend-Phase (Juvenilitäts-Phase)
3. Wachstums-Phase (Weiteres vegetatives Wachstum, Auxo-Phase)
4. Reife-Phase (Maturitäts Phase)
5. Überalterungs-Phase (Senilitäts-Phase)

PASSECKER (1977) unterteilte die Phasenentwicklung nur in 3 Abschnitte wie juvenile, adulte und senile Phase. MONCOUSIN (1991) beschrieb dagegen sechs Stadien der Adventivwurzelbildung von *Vitis*.

In Hinblick auf die vegetative Vermehrung ist das wichtigste Merkmal der Juvenilität die relativ große Neigung der Sprosse zur Adventivwurzelbildung (CLARK 1981, 1983, HACKETT 1985, HARTMANN et al. 1990, HOWARD 1990, LYR et al. 1992, KLEINSCHMIT und MEIER-DINKEL 1990)

1.2.3 Rejuvenilisierung

Zahlreiche Untersuchungen zeigen, daß Stecklinge von juvenilen Pflanzen oder Pflanzenteilen qualitativ hochwertige neue Pflanzen ergeben können (HARTMANN 1985, JESCH und PLIETZSCH 1996, MATSCHKE und LODDER 1994, PLIETZSCH 1993, PREIL 1997, SCHMIDT et al. 1995, SKOLIDIS et al. 1990ab, WALDENMAIER und BÜNEMANN 1993). Es ist aber nicht immer der Fall, daß juveniles Pflanzenmaterial zur Verfügung steht. Jedoch wurden Methoden beschrieben, die die Alterung der Pflanze verlangsamen oder eine physiologische Rejuvenilisierung hervorrufen (DAVIES und HARTMANN 1988, HACKETT 1985).

Ein klassisches Beispiel für die physiologische Wiederverjüngung ist der jährliche starke Rückschnitt der Mutterpflanze (POSTWEILER et al. 1989). Diese basiert auf dem Phänomen der Cyclophysis (LYR et al. 1992). Es ist jedoch umstritten, ob es sich dabei nicht doch um eine ontogenetische Wiederverjüngung handelt. Bei einer ontogenetischen Rejuvenilisierung reproduzieren adulte Meristeme Pflanzen oder Pflanzenteile, die vollständig juvenilen Charakter aufweisen. Der Rückfall adulter Gehölze in die Jugendphase wurde bisher am intensivsten bei *Hedera helix* L. untersucht. Bislang ist es aber noch nicht gelungen, die Substanzen, die an der Rejuvenilisation beteiligt sind, exakt zu identifizieren und die biochemischen Abläufe zu beschreiben (HARTMANN 1984b, HARTMANN et al. 1990).

BERTLING und BANGERT (1995) haben neben starkem Rückschnitt auch durch Gibberellinbehandlung bei *Sclerocarya* eine Rejuvenilisierung erreicht. Sie berichteten über eine bessere Stecklingsbewurzelung der behandelten Pflanzen. Auch Untersuchungen von HARTMANN (1984b) zeigten, daß die Behandlung mit Gibberellinsäure bei Pflaumen und Zwetschen rejuvenilisierend wirken kann.

EWALD et al. (1995) berichten über die Verjüngung von adulten *Larix sukaczewii* f. *multiramosus* durch Spalt-Propfung auf Sämlinge. Veredlung adulter Reiser auf juvenile Unterlagen wird auch von HACKETT (1985) empfohlen, sowie die Kaskadenveredlung (wiederholtes Abveredeln auf juvenile Unterlagen) (HARTMANN et al. 1990).

Zu einer verbesserten Wurzelbildung führt auch die Etiolierung von Mutterpflanzen (BASSUK und MAYNARD 1987, BLAKESLEY et al. 1992, SCHMIDT 1980, 1982b, SKOLIDIS et al. 1990a). Die

histologischen Untersuchungen von SCHMIDT (1982a, 1986) zeigen, daß etiolierte Pflanzengewebe juvenile Merkmale aufweisen. HOWARD und HARRISON-MURRAY (1995) haben Experimente bezüglich des Zusammenwirkens der Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse während der Bewurzelung von *Syringa vulgaris* L. 'Mme Lemoine' durchgeführt. Auch HANSEN (1987) sowie HOWARD und RIDOUT (1992) berichten über ein verbessertes Bewurzelungspotential der Mutterpflanzen bei niedrigen Lichtverhältnissen.

Eine weitere Möglichkeit, um juveniles Pflanzenmaterial zu bekommen, bietet die In-vitro-Vermehrung (FRANCKET 1991, HACKETT 1988, HOWARD et al. 1988, HAMMATT und GRANT 1993, PIERIK 1988, PREIL 1997, VERMEER et al. 1991).

1.2.4 Die In-vitro-Vermehrung und ihre Möglichkeiten

Wegen ihrer komplizierten Dormanzzyklen und ausgeprägter Juvenilitäts- und Altersformen galten Gehölze lange als nicht in vitro vermehrbar (WALDENMAIER 1991).

Die ersten Erfolge wurden Ende der 70-er Jahre bei den Gattungen *Malus*, *Prunus*, *Rosa*, *Rhododendron* und *Citrus* erreicht. In den darauffolgenden Jahren stiegen die Produktionszahlen bei vielen Ziergehölzgruppen leicht an (HANSELMANN 1997). Bei den für die Baumschulpraxis bedeutendsten Gehölzarten und -sorten können die Fragen der In-vitro-Vermehrung zum großen Teil als geklärt betrachtet werden (JESCH 1988). Die erwartete Massenvermehrung beschränkt sich jedoch auf wenige Gattungen (MAC CARTHAIGH 1988) und bei der Gesamtzahl der in vitro vermehrten Gehölze wurde in den 90-er Jahren kaum eine Steigerung verzeichnet (MARKLEY 1997).

Die Akzeptanz in vitro vermehrter Gehölze auf dem Baumschulmarkt ist schlecht. Gründe dafür sind mangelnde Informationen, fehlende Anlagen zur Weiterkultivierung sowie Vorurteile, wie schlechtes Preis-Leistungs-Verhältnis, abweichendes Wuchsverhalten oder schlechte Ballenbildung und Blühleistung (GEHLE 1995). Dabei handelt es sich oftmals jedoch um Vorurteile aus lediglich spontanen Beobachtungen und keinesfalls langfristigen Untersuchungen.

Die In-vitro-Vermehrung bietet jedoch neben der schnellen Produktion von einheitlichem Pflanzenmaterial und der Virusfreimachung eine Reihe von Möglichkeiten (JAMES 1994). Darunter ist eine der wichtigsten der Rejuvenilisierungseffekt (CHÉE 1984, MARKLEY 1995, 1997).

MARKS (1991a, b) hat Untersuchungen mit *Rhododendron*-Stecklingen von verschiedenen Mutterpflanzenherkünften durchgeführt und festgestellt, daß bei den Stecklingen in vitro vermehrter Mutterpflanzen eine höhere Bewurzelungsrate und eine größere Wurzelanzahl erreicht werden konnte. Ähnliche Ergebnisse erzielten PLIETZSCH und GENERLICH (1995) bei der Stecklingsvermehrung mit in vitro und konventionell vermehrten Mutterpflanzen von *Prunus kurilensis* 'Brillant'. Auch WALDENMAIER und BÜNEMANN (1993) konnten einen in vitro induzierten Rejuvenilisierungseffekt am Merkmal der Bewurzelungsrate und der Wurzelanzahl bei *Syringa-Vulgaris*-Hybriden nachweisen. Die Anwendung von rejuvenilisierten In-vitro-Mutterpflanzen kann sogar eine Wuchsstoffbehandlung überflüssig machen (JESCH und DAVID 1996).

Dieser durch die In-vitro-Vermehrung erreichte Rejuvenilisierungseffekt läßt allerdings mit dem Altern der Mutterpflanzen nach. Wie lange diese Wirkung anhält, ist art-, sogar sortenspezifisch (HOWARD und MARKS 1988, SCHULZE 1991 u.a.). JESCH und DAVID (1996) empfehlen für die Stecklingsvermehrung von Flieder ein- bis vierjährige In-vitro-Mutterpflanzen. In den Untersuchungen von HOWARD et al. (1988) war die Bewurzelungsrate von 9 Jahre alten in vitro vermehrten *Prunus domestica* 'Pixy'-Stecklingen den konventionellen überlegen. Dem gegenüber beobachtete KRISTIANSEN (1991) bei *Ficus benjamina*, daß das Bewurzelungspotential schon nach nur vier Monaten nachließ.

PLIETZSCH (1994) sowie PLIETZSCH und HEILIGER (1997) stellten in ihrer Untersuchung mit Zier-*Prunus* fest, daß die besseren Bewurzelungseigenschaften juveniler Pflanzen selbst nach einer Lagerung der unbewurzelten Stecklinge erhalten bleiben. Nach 16 Tagen Kühlagerung waren die In-vitro-Stecklinge hinsichtlich der Wurzelqualität den konventionellen noch überlegen.

Im Zusammenhang mit studentischen Arbeiten am Fachgebiet Vermehrungstechnologie/Baumschulwesen der Humboldt-Universität zu Berlin wurde über einen positiven Einfluß der Rejuvenilisierung durch In-vitro-Vermehrung auf die Kompatibilität bei der Okulation von *Syringa Vulgaris*-Hybriden und Zier-*Prunus* berichtet. Die höhere Anwachsrate kann auf die erhöhte Kambiumaktivität der In-vitro-Reiser zurückgeführt werden.

Der durch In-vitro-Vermehrung induzierte Rejuvenilisierungseffekt ist nicht nur bei den verschiedenen Genotypen unterschiedlich ausgeprägt, sondern wird auch durch die Wachstumsbedingungen in vitro beeinflusst. Dazu gehören die Anzahl und Dauer der Subkulturen und die Zusammensetzung des Vermehrungs- und Bewurzelungsmediums; ebenfalls wichtige Faktoren sind Entnahmeart und -ort, sowie die Größe des Explantates (HOWARD und MARKS 1988, PLIETZSCH 1996b).

1.2.5 Überwinterung bewurzelter Stecklinge

Der Vermehrungsprozeß endet nicht mit der Bewurzelung, sondern erst mit einer erfolgreichen Überwinterung und dem anschließenden Austrieb der bewurzelten Stecklinge (BÄRTELS 1996). Viele Gehölze gelten als schwer vermehrbar, weil sie nach der Bewurzelung in eine Triebdormanz fallen, deren Folgen ein hoher Ausfall im Winter oder das Absterben nach dem Frühjahrsaustrieb sein können (HARTMANN et al. 1990). Viele Autoren sind der Meinung, daß die Anstrengungen während und nach der Bewurzelung auf eine maximale Neutriebbildung gerichtet sein müßten, wobei eine entscheidende Rolle der richtig ausgewählte möglichst frühe Stecktermin spielt (HARTMANN 1985, PLIETZSCH 1996a, 1997, SPELLERBERG und BÜNEMANN 1985, VERSTAGE 1979). So können die Stecklinge nach der Bewurzelung genügend Reservestoffe assimilieren, akkumulieren und ausreifen. SPELLERBERG (1986) hat den Einfluß von Stecktermin, Bewurzelungsklima, Tagverlängerung, zusätzlicher CO₂-Begasung und Gibberellinsäure auf die weitere Entwicklung der bewurzelten Stecklinge und deren Kohlenhydratgehalt vor der winterlichen Ruheperiode geprüft. Er berichtet über einen deutlich erhöhten Triebzuwachs bei den Stecklingen, die früh, von vorgetriebenen Mutterpflanzen vermehrt worden waren.

Da viele Untersuchungen darauf hinweisen, daß Stecklinge juveniler Mutterpflanzen besser durchtreiben (SPELLERBERG und BÜNEMANN 1985), ergibt sich die Frage, ob mit dem Gebrauch von In-vitro-Mutterpflanzen zur Stecklingsvermehrung ein höherer Überwinterungserfolg erzielt werden kann.

1.3 Zielstellungen für eigene Untersuchungen

- Histologischer Nachweis zur Lokalisation und zum zeitlichen Ablauf der Adventivwurzelbildung bei Stecklingen aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften.
- Nachweis von Veränderungen der Peroxidase-Aktivität im Stecklingsgewebe aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften während der Adventivwurzelbildung. Verknüpfung mit den Ergebnissen der histologischen Untersuchungen.
- Nachweis einer Rejuvenilisierung durch die In-vitro-Vermehrung anhand verbesserter Adventivwurzelbildung bei der Stecklings- und Steckholzvermehrung.
- Aussagen zur Dauer des Rejuvenilisierungseffektes bei vegetativ erzeugten Nachkommen von In-vitro-Mutterpflanzen.
- Vergleich des Überwinterungsverhaltens bewurzelter Stecklinge aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften innerhalb eines Genotyps.

Aus diesen Zielstellungen ergeben sich die folgenden Versuchsfragen:

1. Lassen sich Anlageorte und -zeit bei der Adventivwurzelbildung von Stecklingen aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften histologisch nachweisen? Gibt es mutterpflanzenherkunftsbedingte Unterschiede, in welcher Verteilung an der Stecklingsbasis die neuen Wurzeln entstehen? Werden Wurzelprimordien bei juvenilem Stecklingsmaterial früher gebildet, als bei adulten?
2. Haben Stecklinge aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften eines Genotyps während der Adventivwurzelbildung eine veränderte Peroxidase-Aktivität aufzuweisen? Welche Aufschlüsse kann man von dem Ablauf der Peroxidase-Aktivität auf den Ablauf der Adventivwurzelbildung ziehen? Kann die Peroxidase-Aktivität als Marker dienen, um Gehölze mit unterschiedlichem Bewurzelungspotential voneinander zu unterscheiden?
3. Existieren Unterschiede in der Adventivwurzelbildung von Stecklingen aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften eines Genotyps und zwischen den Genotypen? Welche Einflüsse spielen noch bei dem Vermehrungserfolg eine wesentliche Rolle? Kann die juvenilisierende Wirkung des starken Mutterpflanzenrückschnittes die der In-vitro-Vermehrung überlagern? Gibt es witterungsbedingte Schwankungen im Bewurzelungserfolg zwischen den verschiedenen Versuchsjahren?
4. Wie lange nach der In-vitro-Vermehrung läßt sich der Rejuvenilisierungseffekt noch anhand verbesserter Adventivwurzelbildung nachweisen? Gibt es im Hinblick darauf Unterschiede zwischen verschiedenen Arten und Sorten?
5. Gibt es Unterschiede im Überwinterungsverhalten von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften eines Genotyps? Ist es nachweisbar, daß mit juvenilen Stecklingen eine höhere Neutriebrate und dadurch ein besserer Bewurzelungserfolg erzielt werden kann? Welche Einflüsse haben darauf die jährliche Schwankung der Witterung und die verschiedenen Überwinterungsbedingungen?

2 Material und Methoden

2.1 Histologische Untersuchungen zur Adventivwurzelbildung

2.1.1 Pflanzenmaterial

Als Versuchsmaterial dienten Gewebestücke aus der Stecklingsbasis von *Corylopsis pauciflora*, *Cotinus coggygria* 'Royal Purple', *Prunus kurilensis* 'Brillant' und *Prunus tenella* 'Fire Hill'.

2.1.2 Versuchsablauf

Die Stecklinge wurden Anfang Juni 1997/98 unter Fog-System in das Steckmedium gesteckt und je nach Stecktermin am Tag 0, 4, 7, 10, 14, 21 und 28 pro Variante 6 Stück entnommen. Von den Stecklingen wurden ca. 2 bis 4 mm lange Basisstücke abgetrennt und gewaschen. Falls der Durchmesser des Stecklingsbasis 2 mm übertraf, erfolgte eine Teilung längs mit einem Skalpell.

2.1.2.1 Fixieren und Einbetten der Gewebestücke

Die Stecklingsbasisstücke wurden in AFE-Lösung an einer Vakuumpumpe (HERION) infiltriert, damit die Luft in den Interzellularen durch das flüssige Medium verdrängt wurde.

Die AFE-Lösung enthielt:

- 9 Teile 50%iger Ethanol,
- 0,5 Teile 40%iges Formalin,
- 0,5 Teile Eisessig.

Nach 24 Stunden wurde die Fixierlösung mit 50%igem Ethanol ausgespült, bis kein Essiggeruch mehr zu bemerken war und die Pflanzenstücke verblieben für 4 Stunden in 50%igem Ethanol. Danach wurde die Alkoholkonzentration auf 70% erhöht. Die Objekte können hierin für längere Zeit aufbewahrt werden (ROMEIS 1989).

Das Einbetten der fixierten Stecklingsbasisstücke erfolgte mit Kunstharz (Fa. Kulzer), das speziell für feinste Mikrotomschnitte entwickelt wurde. Dieser weiche Kunststoff ist auf Basis von Hydroxyethylmetacrylat hergestellt, polymerisiert gleichmäßig, ist gut schneidbar und ermöglicht Schnitte bis zu 1 µm Dicke.

Vor dem Einbetten wurden die Objekte durch eine verkürzte Entwässerung folgendermaßen vorbereitet:

- 2 Stunden in Ethylenglycolmonoethylether,
- 2 Stunden in 96%igem Ethanol (trocken),
- 2 Stunden in einer Lösung von ein Teil Technovit 7100 und ein Teil 96%igem Ethanol,
- 24 Stunden in VL1 (Vorbereitungslösung: 100 ml Technovit 7100 + 1g Härter I).

Das Einbetten erfolgte in einzelne Einbettformen (Histoform) gegossene Einbettlösung. Diese Lösung wurde aus 10 ml VL1 und 1 ml Härter II hergestellt. In einer Form wurden zwei Stecklingsbasisstücke senkrecht eingelegt. Bei Raumtemperatur wurden die Proben innerhalb einer Stunde mit geringer Wärmeentwicklung homogen auspolymerisiert. Während dessen mußten die Objekte immer wieder ausgerichtet werden.

Nach 24 Stunden wurden die Trägerblöcke befestigt, um die Proben aus der Einbettform zu lösen. Dazu wurde Technovit 3040 verwendet, das aus einem Teil Lösung 3040 und zwei Teilen Pulver 3040 besteht, sehr dickflüssig ist und innerhalb von 10 Minuten polymerisiert. Anschließend wurden die fertigen Histoblöcke mit einer Zange aus der Platte gebrochen und durchnummeriert.

2.1.2.2 Schneiden am Mikrotom

Das Schneiden erfolgte an einem MICRON Rotationsmikrotom HM 355. Es wurden 5 µm dünne Sproßquerschnitte erzielt und etwa jeder vierte Schnitt wurde für die Auswertung verwendet. Die Schnitte wurden in destilliertem Wasser auf einem Objektträger gestreckt und auf einer Heizplatte

getrocknet (60 °C).

2.1.2.3 Anfärben der Mikrotomschnitte

Für die Erleichterung der mikroskopischen Auswertung wurden die Mikrotomschnitte mit Toluidinblau angefärbt. Die Färbelösung wurde aus den folgenden Komponenten hergestellt (BRAUNE et al. 1983):

- 6 Teile 1,0g Toluidinblau O (Serva 36692) in 100 ml Aqua dest. gelöst,
- 3 Teile 2,5g Natriumcarbonat (Merck 6391) in 100 ml Aqua dest. gelöst,
- 1 Teil 70%igen Ethanol.

Vor dem Gebrauch wurde die Mischung mit Aqua dest. auf 1:1 verdünnt. In diese Lösung wurden die Objektträger mit den Mikrotomschnitten für fünf Minuten lang getaucht, mit Leitungswasser und Aqua dest. ausgespült, anschließend auf einer 60 °C temperierten Heizplatte getrocknet.

2.1.3 Auswertung der Mikrotomschnitte am Mikroskop

Die gefärbten Präparate wurden unter einem Mikroskop (Olympus BH-2) betrachtet und fotografiert (Olympus OM-4Ti Fotoapparat). Die ausgewählten Schnitte mußten vor dem Fotografieren mit einem Deckglas bedeckt werden. Die Deckgläser wurden mit dem DPX Einschlußmittel von der Firma Fluka auf den Objektträgern befestigt. Die so vorbereiteten Dauerpräparate können für einen langen Zeitraum aufbewahrt werden.

2.2 Peroxidase-Aktivität im Stecklingsgewebe

2.2.1 Pflanzenmaterial

Als Versuchsmaterial dienten *Corylopsis pauciflora*, *Cotinus coggygia* 'Royal Purple', *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth', *Syringa vulgaris* 'Mme Florent Stepman' *Prunus kurilensis* 'Brillant' und *Prunus tenella* 'Fire Hill'.

2.2.2 Versuchsaufbau

Die Stecklinge wurden Anfang Juni 1997/98 in das Steckmedium gesteckt und je 0, 7, 14, 21, 28 und 35 Tage nach dem Stecktermin fünf Stück pro Variante entnommen.

2.2.2.1 Aufbereitung des Pflanzenmaterials

Die Stecklingsbasen wurden gewaschen und je Variante 100 mg Frischmasse ausgewogen und eingefroren für eine spätere Aufarbeitung. Das Pflanzenmaterial wurde dann unter Hinzugabe einer kleinen Spatelspitze Sand und 10 mg Polyvinylpyrrolidon zermörsert. Nach der Zugabe von 1 ml Pufferlösung folgte eine Zentrifugation bei 12.000 U/min für 15 Minuten. Der Überstand (=Pflanzenextrakt) wurde umgefüllt und zu den folgenden Untersuchungen genutzt.

2.2.2.2 Bestimmung der Peroxidase-Aktivität und des Protein-Gehaltes

Für die Messungen mußten die Pufferlösung und die Coomassie-Lösung hergestellt werden:

a) Herstellung der Pufferlösung

- 0,1m KH_2PO_4 =13,609 g auswiegen,
- 0, 1m K_2HPO_4 =17,42 g auswiegen,
- jeweils mit dest. Wasser lösen und auf jeweils 1 Liter auffüllen,
- a. 100 ml K_2HPO_4 -Lösung zur pH-Wert-Bestimmung abfüllen und KH_2PO_4 -Lösung dazugeben,
- Einstellung des pH-Wertes auf 6.1,
- Aufbewahrung im Kühlschrank.

b) Herstellung 500 ml 0,01% Coomassie-Lösung (Brillant Blue)

- 50 mg Coomassie-Pulver einwiegen,
- Lösen in 25 ml 96%igem vergällten Ethanol,
- 50 ml Phosphorsäure dazugeben,
- auffüllen mit dest. Wasser auf 500 ml und filtrieren,
- Aufbewahrung im Kühlschrank.
- Vor den Messungen wurden der Leerwert und die Probenansätze wie unten beschrieben angesetzt. Ein Durchgang bestand aus 6 Proben.

Protein-Bestimmung nach BRADFORD (1976)

Leerwert:	0,5ml dest. Wasser,
	2,5ml Coomassie-Lösung.
Probenansatz:	0,25ml dest. Wasser,
	0,24ml Pufferlösung,
	0,01ml Pflanzenextrakt,
	2,5ml Coomassie-Lösung.

Nach 15 Minuten wurden die Probenansätze gegen den Leerwert am UNICAM UV/Vis UV2 Spectrometer mit dem Programm QUANT BRAD PROTEIN.QNT bei 595 nm gemessen. Da die Meßergebnisse zum Großteil unter der Erfassungsgrenze lagen, konnten sie nicht für eine weitere Auswertung verwendet werden. Aus diesem Grund wurde die Peroxidase-Aktivität nicht auf den Protein-Gehalt des Gewebes, sondern auf die Frischmasse bezogen.

Peroxidase-Aktivität-Messung

Leerwert:	8,0 ml Pufferlösung, 1,0 ml 1% Guajakol1, 1,0 ml 0,3% H_2O_2 (frisch hergestellt und erst vor der Messung dazugegeben).
Probenansatz:	7,8 ml Pufferlösung, 1,0 ml 1% Guajakol, 0,2 ml Pflanzenextrakt, 1,0 ml 0,3% H_2O_2 (frisch hergestellt und erst vor der Messung dazugegeben).

Die Messung der Probenansätze erfolgte gegen den Leerwert am UNICAM UV/Vis UV2 Spektrometer mit dem Programm RATE PEROX PEROX. RAT bei 470 nm. Die ermittelten Werte (Wert $\Delta A/\text{min}$ bezogen auf 100 mg Frischmasse) wurden dokumentiert und zur Auswertung graphisch dargestellt.

2.3 Versuche zur Adventivwurzelbildung

2.3.1 Pflanzenmaterial

Für die Untersuchungen während der drei Versuchsjahre (1996-98) wurden zur Adventivwurzelbildung an Stecklingen/Steckhölzern 11 Genotypen verwendet (Tab.1). Darunter befanden sich bei jedem Genotyp in vitro und konventionell (durch Steckling, Steckholz oder Veredlung) vermehrte Pflanzen. Alle wurden im Fachgebiet Vermehrungstechnologie/Baumschulwesen Berlin-Köpenick herangezogen, bis auf die zugekauften konventionell vermehrten *Corylopsis pauciflora* und die in vitro vermehrten *Cotinus coggygria* 'Royal Purple', die von der Baumschule Prenor, Szombathely /Ungarn/, geliefert wurden.

Tab.1: Versuchsmaterial zur Stecklingsvermehrung 1996-1998, Stecktermin und Boniturtermin (Kon=konventionell vermehrte Mutterpflanze, IV=in vitro vermehrte Mutterpflanze, u=ungeschnitten)

Mutterpflanze (Art, Sorte)	Jahrgang	1996		1997		1998	
		Steck- termin	Bonitur- termin	Steck- termin	Bonitur- termin	Steck- termin	Bonitur- termin
<i>Amelanchier laevis</i> 'Ballerina'	Kon90			13.06.	20.08.	11.06.	01.10.
	IV96			13.06.	20.08.	08.06.	01.10.
	IV97					19.06.	01.10.
<i>Corylopsis pauciflora</i>	Kon89	05.08.	21.11.	12.06.	13.10.	19.06.	11.11.
	Kon91	05.08.	25.11.	12.06.	13.10.	19.06.	11.11.
	Kon93	05.08.	25.11.	09.07.	13.10.	19.06.	11.11.
	IV95	05.08.	22.11.	09.07.	13.10.	19.06.	11.11.
	IV97					19.06.	11.11.
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	Kon90	20.06.	07.10.	04.06.	01.10.	08.06.	02.10.
	IV93	20.06.	07.10.	04.06.	07.10.	08.06.	02.10.
	IV94	20.06.	07.10.	04.06.	07.10.	08.06.	02.10.
	IV95	20.06.	07.10.	04.06.	01.10.	08.06.	02.10.

Fortsetzung Tab.1:

Mutterpflanze (Art, Sorte)	Jahrgang	1996		1997		1998	
		Steck- termin	Bonitur- termin	Steck- termin	Bonitur- termin	Steck- termin	Bonitur- termin
<i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'	Kon85	20.06.	30.09.	05.06.	17.09.	08.06.	30.09.
	Kon92	20.06.	25.09.	05.06.	17.09.	08.06.	30.09.
	IV91u	11.06.	30.09.	05.06.	16.09.	08.06.	
	IV91	11.06.	30.09.	05.06.	16.09.	08.06.	30.09.
	IV92u	11.06.	25.09.	05.06.	16.09.	08.06.	
	IV92	11.06.	30.09.	05.06.	16.09.	08.06.	30.09.
	IV93	11.06.	25.09.	05.06.	16.09.	08.06.	30.09.
	IV94	11.06.	26.09.	05.06.	16.09.	08.06.	30.09.
	IV95	19.06.	30.09.	05.06.	16.09.	08.06.	30.09.
	IV96			05.06.	16.09.	08.06.	30.09.
<i>Prunus serrulata</i> 'Kanzan'	Kon90	11.06.	26.09.				
	Kon94			12.06.	17.09.	15.06.	30.09.
	IV93	11.06.	26.09.			15.06.	30.09.
	IV94	17.06.	02.10.	12.06.	17.09.		
	IV95	19.06.	02.10.	12.06.	17.09.	15.06.	30.09.
	IV96			18.06.	17.09.		
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	Kon91	11.06.	30.09.	03.06.	13.08.		
	IV94	11.06.	30.09.	06.06.	13.08.		
	IV95	11.06.	30.09.	06.06.	13.08.		
	IV96	05.08.	22.11.	13.06.	13.08.		
<i>Prunus triloba</i>	Kon85			12.06.	17.09.		
	IV94			12.06.	17.09.		
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an Ludwig Späth'	Kon87			11.06.	23.09.	04.06.	28.09.
	Kon93	20.06.	09.10.	16.06.	24.09.	05.06.	28.09.
	IV93	20.06.	07.10.	16.06.	22.09.	05.06.	28.09.
	IV94	25.06.	01.10.	16.06.	23.09.		
	IV95	25.06.	25.09.				
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Lemoine'	IV96			12.06.	17.09.	19.06.	28.09.
	Kon87			11.06.	22.09.	04.06.	28.09.
	Kon91	13.06.	24.09.	09.06.	22.09.	04.06.	28.09.
	IV88			09.06.	22.09.		
	IV91	13.06.	24.09.				
	IV92	13.06.	24.09.			05.06.	28.09.
	IV94	13.06.	24.09.	09.06.	24.09.	04.06.	28.09.
	IV95u			09.06.	23.09.	04.06.	28.09.
	IV95	19.06.	25.09.			05.06.	28.09.

Fortsetzung Tab.1:

Mutterpflanze (Art, Sorte)	Jahrgang	1996		1997		1998	
		Steck- termin	Bonitur- termin	Steck- termin	Bonitur- termin	Steck- termin	Bonitur- termin
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Florent Stepman'	Kon87			11.06.	22.09.	04.06.	29.09.
	Kon91	18.06.	12.08.	09.06	22.09.	04.06.	29.09.
	IV88	17.06.	02.10.			04.06.	29.09.
	IV89	25.06.	02.10.	06.06.	23.09		
	IV91	16.06.	02.10.				
	IV92	17.06.	01.10.	09.06.	17.09.	04.06.	29.09.
	IV93	17.06.	01.10.	09.06.	22.09.	04.06.	29.09.
	IV94	13.06.	01.10.	09.06.	17.09.	04.06.	29.09.
	IV95	19.06.	25.09.	09.06.	22.09.	05.06.	29.09.
<i>Tilia cordata</i> 'Wega'	Kon81			13.06.	29.09.	05.06.	01.10.
	Kon86	25.06.	09.10.	13.06.	29.09.		
	Kon94	24.06.	14.10.			04.06.	01.10.
	IV91	12.06.	14.10.	09.06.	30.09.	04.06.	01.10.
	IV92	12.06.	14.10.	11.06.	29.09.	04.06.	02.10.
	IV93	12.06.	14.10.	30.06.	29.09.	04.06.	02.10.
	IV94	12.06.	15.10.	30.06.	30.09.	04.06.	02.10.
	IV95	17.06.	15.10.	09.06.	30.09.	05.06.	02.10.
	IV96			09.06.	30.09.	05.06.	01.10.

2.3.2 Zustand und Qualität der Mutterpflanzen

Die konventionell vermehrten Mutterpflanzen waren alle im Freiland ausgepflanzt. Eine Ausnahme bildete *Corylopsis pauciflora*, von der das älteste Exemplar (vermehrt 1989) sich in einer Schattenhalle befand, und die '91-er und '93-er Jahrgänge in 3 l-Töpfen, um die frostfreie Überwinterung im Gewächshaus ermöglichen zu können.

Die In-vitro-Pflanzen stammten aus der Mikrovermehrung des Ergänzenden Fachgebietes Pflanzliche Zell- und Gewebekultur. Etabliert wurden bei *Amelanchier laevis* 'Ballerina' und *Tilia cordata* 'Wega' 1cm lange Nodiensegmente, die bei den Linden auch einen Achselsproß trugen (PINKER und SCHMIDT 1997, PINKER et al. 1995). Von den anderen verwendeten Arten und Sorten wurden Einzelsprosse oder Sproßspitzen entnommen (PINKER 1993, PINKER 1995, PINKER und BETHKE 1997). Die Vermehrung erfolgte auf einem modifizierten Medium nach MURASHIGE und SKOOG (1962).

Die in vitro bewurzelten Pflanzen wurden in ein Pikiererde-Perlite-Gemisch (3:1) pikiert und unter Fog-Bedingungen kultiviert. Nach zwei bis vier Wochen begann die Abhärtungsphase. Nach dieser wurden sie in ein Überführungszelt gepflanzt und als ein- bis zweijähriges Pflanzenmaterial im Freiland aufgeschult.

Ausnahmen davon bildeten die drei aus Ungarn in 10-er Töpfen gelieferten *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' In-vitro-Jahrgänge, die in dem ersten Vermehrungsjahr noch im Container blieben, und erst im Folgejahr ins Freiland ausgepflanzt wurden.

Bei den 96-er Jahrgängen von *Amelanchier laevis* 'Ballerina' und *Prunus tenella* 'Fire Hill' handelte es sich ebenfalls um Containerware, die sich nach einer frostfreien Überwinterung und Überführung in 2 l-Gefäßen auf der Containerfläche befanden.

Alle Mutterpflanzen wurden jährlich im Januar zurückgeschnitten, mit Ausnahme von *Prunus kurilensis* 'Brillant'. Hier wurden bei einigen Varianten (s. Tab.1) auch von ungeschnittenen Mutterpflanzen Stecklinge geworben.

Die Pflanzen wurden regelmäßig auf Krankheiten und Schädlingsbefall kontrolliert. Im Sommer 1997 wurden auf den *Tilia cordata* 'Wega' Mutterpflanzen (IV93 und IV94) pilzliche Fleckenkrankheiten festgestellt. 1998 waren die Mutterpflanzen des Jahrgangs IV93 von *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' durch Pilzbefall geschwächt. Bei den Jahrgängen IV91 und IV92 von *Prunus kurilensis* 'Brillant' war im Mai 1998 wegen *Monilia*-Befall ein starker Rückschnitt erforderlich. So stand im dritten

Vermehrungsjahr keine ungeschnittene Variante zur Verfügung.

Die Pflegemaßnahmen der Mutterpflanzen, sowohl bei den Containerpflanzen als auch im Freiland, erfolgten unter üblichen baumschultechnischen Gesichtspunkten.

2.3.3 Versuchsablauf

Die Stecklingsvermehrung erfolgte in einem begehbaren Folienzelt mit Außenschattierung. Dies war mit einer zeitabhängig gesteuerten Sprühregenanlage (Regenrohre mit Düsen) und einer luftfeuchtgesteuerten Hochdrucknebel-Ausrüstung (Fog) ausgestattet. Der Sollwert der relativen Luftfeuchtigkeit lag bei 95%. Die Schattierung bestand aus einem doppelt gelegten Kunststoffgeflecht.

Als Steckmedium diente ein Standardsubstrat-Kies-Gemisch (1:1). Das Standardsubstrat bestand aus Hochmoortorf (Zersetzungsgrad H2-H5) mit einem Zusatz von 25% Perlit (Körnung 1,0-7,5 mm) und einer geringen Grunddüngung (N:P:K und Mikronährstoffe). Die Körnung des gewaschenen Kiesel betrug 1 bis 3 mm. Der pH-Wert des Gemisches lag bei 5.7. Dieser Wert wurde während der Vermehrungsperiode durch das regelmäßige Beregnen immer höher und erreichte nach 11 Wochen einen Wert im Neutralbereich. Es wurden keine Wachstumsstoffe verwendet.

Das Steckmedium wurde in Multitopfpaletten gefüllt, die zum Durchfeuchten unter Sprühregen gestellt und vor dem Stecken mit im Wasser gelöstem Malipur (1%) gegossen wurden. Die Paletten waren aus schwarzem Kunststoff und beinhalteten 24 einzelne 6-er Töpfe mit je einem Volumen von 0,1 l. Sie wurden in einer randomisierten Blockanlage in das Vermehrungszelt gestellt.

Der Stichprobenumfang betrug 2 Multitopfpaletten mit je 24 Stecklingen pro Variante, d.h. 48 Stecklinge. Die Stecklinge wurden mit einer Schere am Vormittag bei vollem Turgor in Berlin-Köpenick im Mutterpflanzenquartier des Fachgebietes Vermehrungstechnologie/ Baumschulwesen gewonnen. Als Stecktermin wurde der durch die Literatur (SCHMIDT 1977, SPETHMANN 1997) und eigene Beobachtungen als „optimal“ bezeichnete Zeitpunkt gewählt. Dieser wich durch witterungsbedingte unterschiedliche Reifezustände der Mutterpflanzen in den verschiedenen Versuchsjahren terminlich etwas voneinander ab (s. Tab.1.).

Es wurden ausschließlich Kopfstecklinge geschnitten, 1 cm unter dem letzten Nodium gekürzt und das unterste Blatt (evtl. Blätter) entfernt. Die Stecklinge der verschiedenen Arten und Sorten können folgendermaßen beschrieben werden:

<i>Amelanchier laevis</i> ' Ballerina '	-2 bis 3 Blätter, ca. 7-9 cm lang
<i>Corylopsis pauciflora</i>	-3 bis 5 Blätter, ca. 10 cm lang
<i>Cotinus coggygria</i> ' Royal Purple '	-mehrere Blätter, ca. 8 cm lang
<i>Prunus kurilensis</i> ' Brillant '	-5 bis 7 Blätter, ca. 8 cm lang
<i>Prunus serrulata</i> ' Kanzan '	-3 bis 4 Blätter, ca. 9 cm lang
<i>Prunus tenella</i> ' Fire Hill '	-5 bis 7 Blätter, ca. 7 cm lang
<i>Prunus triloba</i>	-4 bis 6 Blätter, ca. 7 cm lang
<i>Syringa vulgaris</i> ' Andenken an Ludwig Späth '	-4 Blätter, ca. 10-12 cm lang
<i>Syringa vulgaris</i> ' Mme Florent Stepman '	-4 Blätter, ca. 10-12 cm lang
<i>Syringa vulgaris</i> ' Mme Lemoine '	-4 Blätter, ca. 10-12 cm lang
<i>Tilia cordata</i> ' Wega '	-2 Blätter, ca. 8 cm lang, dekaptiert.

Die Steckholzvermehrung wurde mit dem folgenden Pflanzenmaterial durchgeführt (Tab.2):

Tab.2: Versuchsmaterial zur Steckholzvermehrung 1996-1998, Steckholzlänge
(Kon=konventionell vermehrte Mutterpflanze, IV=in vitro vermehrte Mutterpflanze)

Mutterpflanze (Art, Sorte)	Steckholz- länge	1996	1997	1998
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	10 cm mehrere Internodien	-	-	Kon93 IV93 IV94 IV95
<i>Prunus serrulata</i> 'Kanzan'	14-16 cm 2 Internodien	Kon87 IV94	Kon87 IV94	Kon87 IV94 IV96
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an Ludwig Späth'	15-20 cm 2 Internodien	Kon87 IV94	Kon87 IV96	Kon87 IV94 IV96
<i>Syringa vulgaris</i> 'Katherine Havemeyer'	14-16 cm 2 Internodien	Kon87 IV94 IV95	Kon87 IV94 IV95 IV96	Kon87 IV94 IV95 IV96
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Lemoine'	14-16 cm 2 Internodien	Kon87 IV94 IV95	Kon87 IV94 IV95	Kon87 IV94 IV95
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Florent Stepman'	12-16 cm 2 Internodien	Kon87 IV94	Kon87 IV94	Kon87 IV94 IV95
<i>Tilia cordata</i> 'Wega'	10-16 cm 2 bis 3 Internodien	-	-	Kon94 IV91 IV92 IV93 IV94 IV95 IV96 IV97

Das Werben des Steckholzes erfolgte während der Ruhephase der Mutterpflanzen im Januar. Die Reiser wurden am selben Tag gebündelt, etikettiert, in Foliensäcke mit Torf verpackt und im Kühlhaus bei +4°C gelagert.

Die erfaßten Daten wurden am PC mit dem Statistikprogramm SPSS für Windows (Version 7.5) ausgewertet. Die Diagramme wurden mit dem Programm Excel für Windows (Version 7.0) dargestellt. Für den Vergleich der unterschiedlichen Merkmale wurden die folgenden statistischen Tests verwendet (Tab.3):

Tab.3: Für die Auswertung verwendete statistische Tests

Bewurzelungsrate	-Mittelwertvergleiche -Häufigkeitsanalyse, χ^2 -Test
Durchschnittliche Wurzelanzahl Durchschnittliche Wurzelfrischmasse Durchschnittliche Neutrieblänge	-Kruskal-Wallis 1-Way Anova -Mann-Whitney U - Wilcoxon Rank Sum W Test
Bewurzelungsqualität bei Steckhölzern	-Häufigkeitsanalyse

Die Variantenumfänge betrugen bei der Stecklingsvermehrung 48, und bei der Stechholzvermehrung 40 bis 50 Stück je nach dem, wieviel Material zur Verfügung stand. Jeder einzelne Steckling und jedes einzelne Steckholz wurde als Wiederholung aufgefaßt und in die statistischen Tests einbezogen.

2.4 Versuche zum Überwinterungsverhalten

2.4.1 Pflanzenmaterial

Die Untersuchungen wurden mit *Tilia cordata* 'Wega' in drei Versuchsjahren durchgeführt. Die verwendeten Varianten sind in der Tabelle 4 dargestellt:

Tab.4: Versuchsmaterial für die Überwinterung 1996-1999 (Kon=konventionell vermehrte Mutterpflanze, IV=in vitro vermehrte Mutterpflanze)

Mutterpflanze (Art, Sorte)	Winter 1996/97	Winter 1997/98	Winter 1998/99
<i>Tilia cordata</i> 'Wega'	Kon93 IV91 IV92 IV93 IV94 IV95	Kon94 IV91 IV92 IV93 IV94 IV95	Kon94 IV91 IV92 IV93 IV94 IV95

2.4.2 Versuchsablauf

Die Stecklinge von *Tilia cordata* 'Wega' wurden, wie unter dem Punkt 2.3.3. beschrieben, geworben und bewurzelt. Die bewurzelten Stecklinge wurden im November der jeweiligen Jahre in 10-er Plastiktöpfe getopft, und je Variante 48 Stück (in der Klimakammer nur 20 Stück) unter verschiedenen Bedingungen überwintert (Tab. 5 und Tab. 6):

- geschütztes Freiland (natürliche Kurztagbedingungen) Vlies- und Milchfolienabdeckung
- ungeheiztes Folienzelt (natürliche Kurztagbedingungen) begehbar, schattiert
- ungeheiztes Gewächshaus (natürliche Kurztagbedingungen)
- Klimakammer (künstliche Langtagbedingungen)

Tab. 5: Temperaturbedingungen in Berlin-Köpenick der Winter 1996/97, 1997/98 und 1998/99.

Überwin- terungsorte	1996/97		1997/98		1998/99	
	Nacht- temperatur T(min)	Tages- temperatur T(max)	Nacht- temperatur T(min)	Tages- temperatur T(max)	Nacht- temperatur T(min)	Tages- temperatur T(max)
Freiland	$\bar{\varnothing} = 1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-22 +11 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-11+17 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (0...12 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 16,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (9...30 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-10 +11 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-4 +29 $^{\circ}\text{C}$)
Folienzelt	$\bar{\varnothing} = -1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-11...+10 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 9,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (4...29 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-9...+8 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 11,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1...30 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-6...+10 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 15,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1...33 $^{\circ}\text{C}$)
Gewächshaus	$\bar{\varnothing} = 7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2...15 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (7...25 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-7...+9 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-1...+23 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 9,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (3...15 $^{\circ}\text{C}$)	$\bar{\varnothing} = 18,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (9...33 $^{\circ}\text{C}$)
Klimakammer	8,0 $^{\circ}\text{C}$	10,0 $^{\circ}\text{C}$	8,0 $^{\circ}\text{C}$	10,0 $^{\circ}\text{C}$	8,0 $^{\circ}\text{C}$	10,0 $^{\circ}\text{C}$

Tab. 6: Luftfeuchtigkeitsbedingungen in Berlin-Köpenick der Winter 1996/97, 1997/98 und 1998/99.

Überwin- terungsorte	1996/97		1997/98		1998/99	
	Rel. Luft- feuchtigkeit LF(min)	Rel. Luft- feuchtigkeit LF(max)	Rel. Luft- feuchtigkeit LF(min)	Rel. Luft- feuchtigkeit LF(max)	Rel. Luft- feuchtigkeit LF(min)	Rel. Luft- feuchtigkeit LF(max)
Freiland	$\bar{\varnothing} = 41,3\%$ (24...68 %)	$\bar{\varnothing} = 66,8\%$ (46...89 %)	$\bar{\varnothing} = 35,1\%$ (15...60 %)	$\bar{\varnothing} = 59,4\%$ (40...80 %)	$\bar{\varnothing} = 54,8\%$ (40...68 %)	$\bar{\varnothing} = 76,8\%$ (55...92 %)
Folienzelt	$\bar{\varnothing} = 58,1\%$ (20...90 %)	$\bar{\varnothing} = 90,3\%$ (84...93 %)	$\bar{\varnothing} = 58,6\%$ (30...85 %)	$\bar{\varnothing} = 87,7\%$ (80...90 %)	$\bar{\varnothing} = 55,9\%$ (15...90 %)	$\bar{\varnothing} = 88,5\%$ (55...94 %)
Gewächshaus	$\bar{\varnothing} = 47,6\%$ (20...75 %)	$\bar{\varnothing} = 68,4\%$ (50...93 %)	$\bar{\varnothing} = 71,1\%$ (50...85 %)	$\bar{\varnothing} = 83,4\%$ (75...90 %)	$\bar{\varnothing} = 47,6\%$ (13...76 %)	$\bar{\varnothing} = 77,6\%$ (65...97 %)
Klimakammer	78%	82%	78%	82%	78%	82%

Die Pflanzen blieben über Winter bis zum Mai des Folgejahres unter den beschriebenen Bedingungen stehen, wurden regelmäßig kontrolliert und nach Bedarf bewässert. Im Mai wurden sie ausgeräumt und bonitiert. Die Pflanzen wurden auf der Containerfläche aufgestellt und weiterkultiviert.

2.4.3 Messungen und Bonituren, statistische Auswertung

Vor der Überwinterung nach der Bewurzelung wurde die Durchtriebrate der Varianten ermittelt:

$$\bullet \quad \text{Durchtriebrate} \cdot (\%) = \frac{\text{Anzahl} \cdot \text{Stecklinge} \cdot \text{mit} \cdot \text{Durchtrieb}}{\text{Anzahl} \cdot \text{gesteckter} \cdot \text{Stecklinge}} \times 100\%$$

Im Mai wurde die Überwinterungsquote erfaßt:

$$\bullet \quad \text{Überwint erungsquote} \cdot (\%) = \frac{\text{Anzahl} \cdot \text{lebender} \cdot \text{Stecklinge}}{\text{Anzahl} \cdot \text{gesteckter} \cdot \text{Stecklinge}} \times 100\%$$

Im Oktober 1997 und 1998, nach dem das Sproßwachstum beendet war, wurde die Ausbeute an Stecklingen mit Neutrieb ermittelt und die Neutrieblänge gemessen:

$$\bullet \quad \text{Ausbeute} \cdot \text{mit} \cdot \text{Neutrieb} \cdot (\%) = \frac{\text{Anzahl} \cdot \text{Stecklinge} \cdot \text{mit} \cdot \text{Neutrieb}}{\text{Anzahl} \cdot \text{überwint erter} \cdot \text{Stecklinge}} \times 100\%$$

$$\bullet \quad \text{Neutrieblänge} \cdot (\text{cm}) = \frac{\text{gesamte} \cdot \text{Neutrieblänge}}{\text{Anzahl} \cdot \text{durchgetriebener} \cdot \text{Stecklinge}}$$

Die statistische Auswertung erfolgte wie unter dem Punkt 2.1.5. beschrieben.

3 Ergebnisse

Die Versuchsergebnisse werden in der Gliederung der Fragestellung der Arbeit dargestellt. Die Bearbeitungsintensität der Versuchsfragen war vom zeitlichen Aufwand und der inhaltlichen Definition entsprechend sehr differenziert. Die histologischen Untersuchungen und die Bestimmung der Peroxidase-Aktivität wurden dazu genutzt, neben den Ergebnissen aus den empirischen Bewurzelungsversuchen auch einen Beitrag zur Lösung der Zusammenhänge in den Stadien der Adventivwurzelbildung zu bringen und werden deshalb den anderen Versuchsergebnissen vorangestellt. Die Verknüpfungen zwischen den einzelnen untersuchten Parametern und die Zusammenhänge mit der vermuteten Rejuvenilisierung nach der In-vitro-Vermehrung werden im Kapitel „Diskussion“ dargestellt.

3.1 Histologische Untersuchungen

Bei den histologischen Untersuchungen ist die größte Problematik, ob im Gewebe angelegte Wurzelprimordien bei den Mikrotomschnitten gefunden werden. Die Arbeit ist sehr zeitaufwendig. Außerdem konnten nur Genotypen mit entsprechend dünnen Trieben mit dem vorhandenen Mikrotomgerät geschnitten werden. Es wurden für die Untersuchungen verschiedene Mutterpflanzenherkünfte von *Corylopsis pauciflora*, *Cotinus coggygia* 'Royal Purple', *Prunus kurilensis* 'Brillant' und *Prunus tenella* 'Fire Hill' verwendet.

Die Stecklinge wurden im Juni gesteckt (s.Tab.1) und während der Bewurzelung wöchentlich Proben entnommen. Zum Stecktermin (Tag 0) war bei allen Stecklingen bereits ein voll ausgebildetes Xylemgewebe vorhanden. Im Rindenparenchym waren vereinzelt Anhäufungen aus Sklerenchymzellen eingelagert (Abb.1 und 12).

3.1.1 *Corylopsis pauciflora*

Die Wurzelprimordien waren entweder unmittelbar aus dem Kambium gebildet worden oder vom Kambium wurde ein Phloem angelegt, in welchem Parenchymzellen zu Wurzelinitialen ausdifferenzierten. Die Wurzelbildung erfolgte nicht nur basal, sondern auch lateral.

In den Querschnitten der Basis von *Corylopsis pauciflora*-Stecklingen in vitro vermehrter Mutterpflanzen wurden bereits 14 Tage nach dem Stecken Wurzelprimordien im Jungstadium gefunden (Abb.2). Zu demselben Zeitpunkt wurden im Stecklingsgewebe konventionell vermehrter Mutterpflanzen keine Zellteilungen beobachtet.

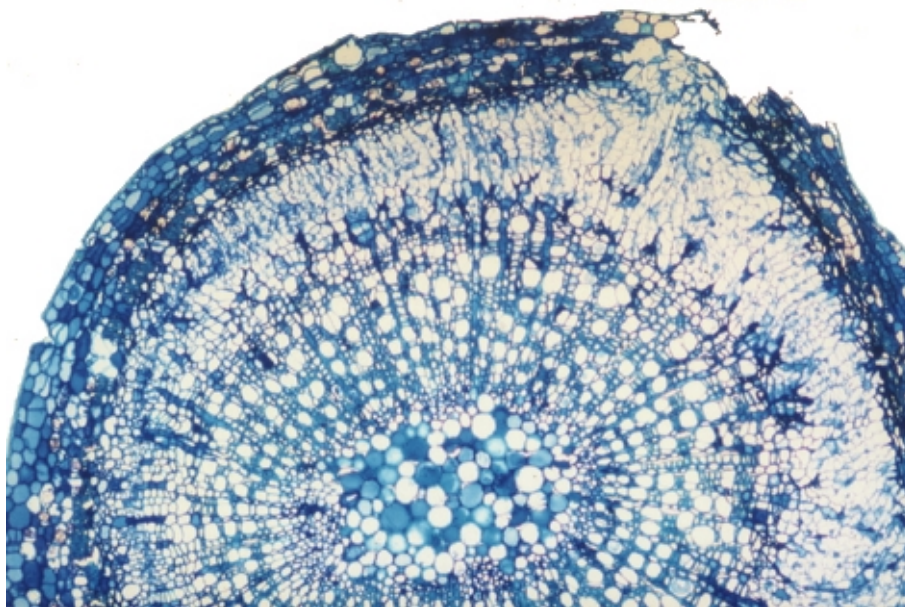


Abb.1: Querschnitt der *Corylopsis pauciflora*-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze am Tag 0.

Mutterpflanze

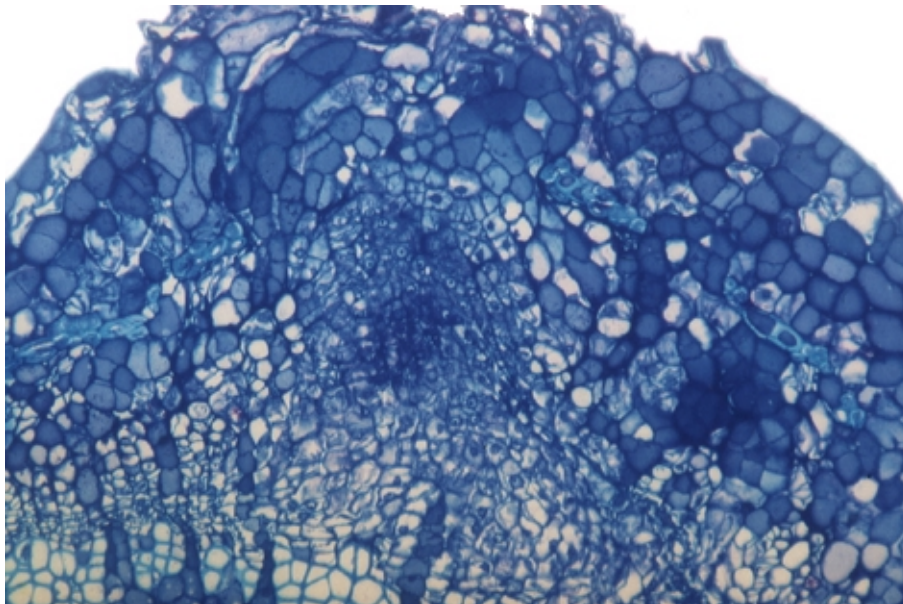


Abb. 2: Wurzelprimordium im Jungstadium im Querschnitt der *Corylopsis pauciflora*-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze, 14 Tage nach dem Stecken

21 Tage nach dem Stecktermin waren bei den In-vitro-Varianten Wurzelprimordien entwickelt und einige Primordien befanden sich in dem Stadium des Auswachsens (Abb.4). Die Epidermis wurde durchbrochen und Gefäßstränge waren sichtbar.

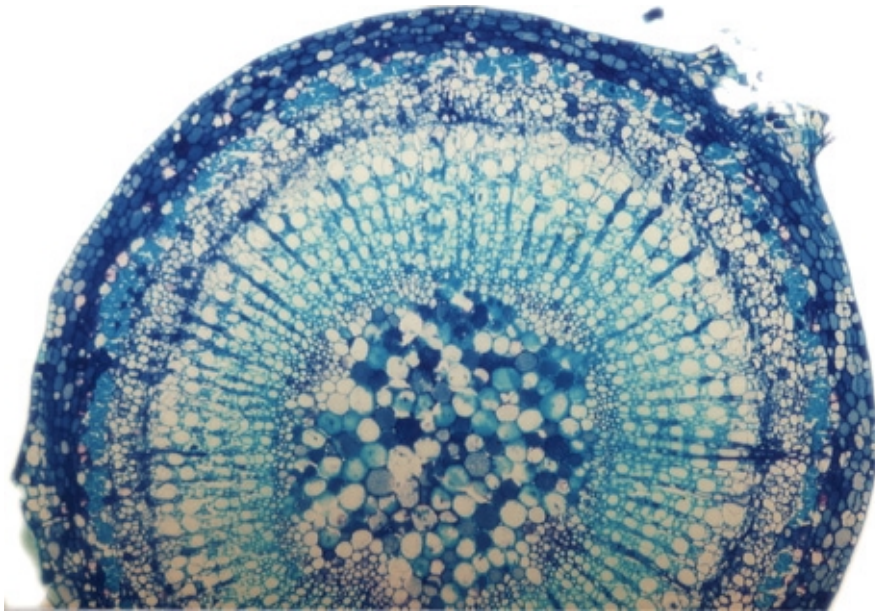


Abb.3: Querschnitt der *Corylopsis pauciflora*-Stecklingsbasis konventionell vermehrter Mutterpflanze, 21 Tage nach dem Stecken.

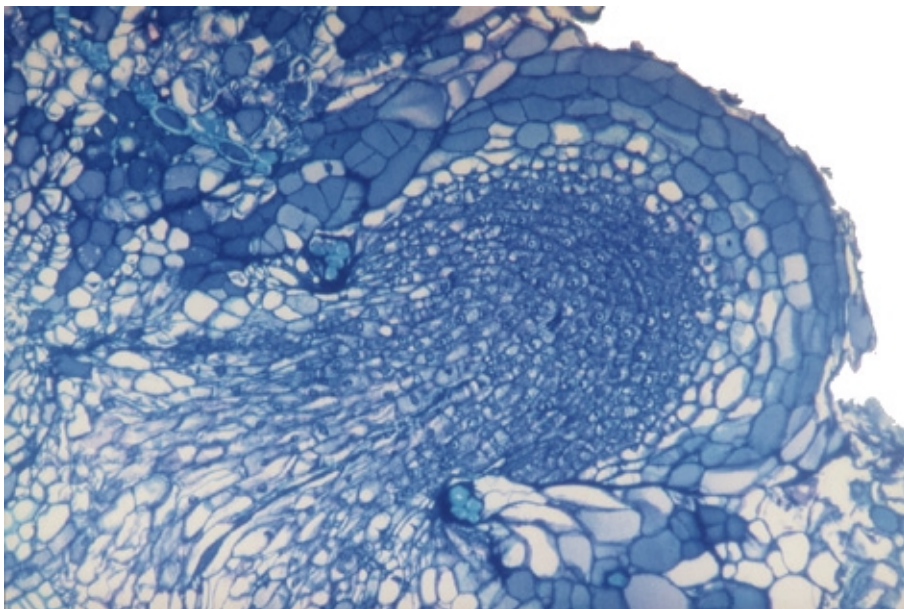


Abb.4: Wurzelprimordium im Querschnitt der *Corylopsis pauciflora*-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze, 21 Tage nach dem Stecken.

Am 28. Bewurzelungstag wurden schon vollentwickelte Wurzeln mit einer guten Gefäßanbindung zum vasculären Gewebe dokumentiert (Abb.6). Bei diesem Entnahmetermin wurden in den Stecklingsbasisquerschnitten der konventionellen Varianten die ersten Wurzelprimordien gefunden (Abb.5).

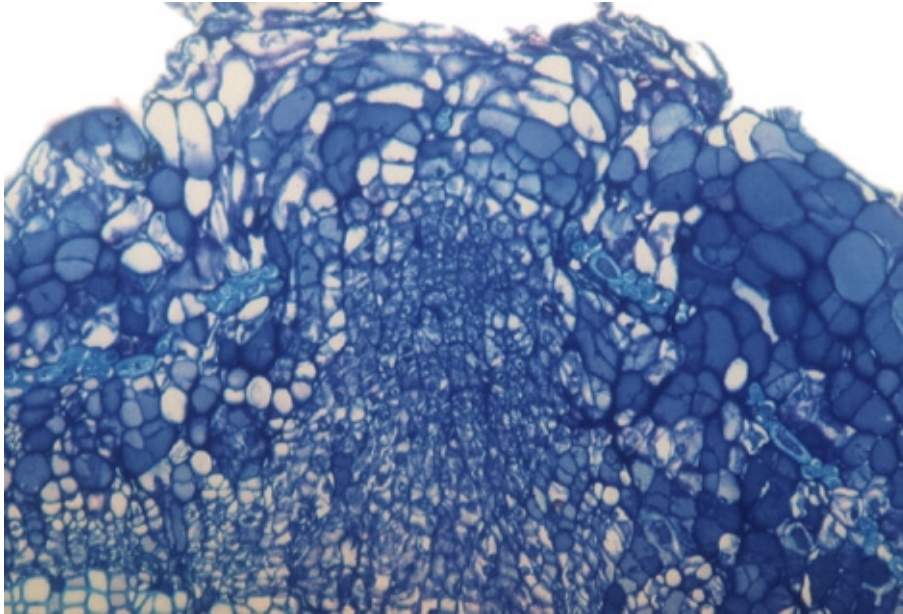


Abb.5: Wurzelprimordium im Jungstadium im Querschnitt der *Corylopsis pauciflora*-Stecklingsbasen konventionell vermehrter Mutterpflanze, 28 Tage nach dem Stecken.

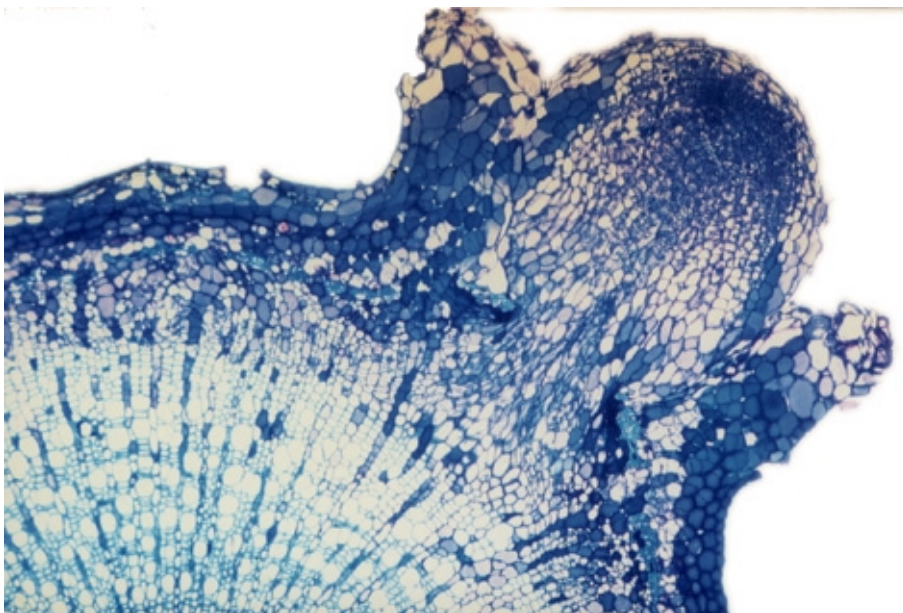


Abb.6: Wurzelprimordium im Querschnitt der *Corylopsis pauciflora*-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze, 28 Tage nach dem Stecken

3.1.2 *Cotinus coggygia* 'Royal Purple'

Auch in den Stecklingsbasen von *Cotinus coggygia* 'Royal Purple' wurden die ersten Wurzelsprimordien bei der In-vitro-Variante am 14. Tag gefunden. Eine Woche später konnten bei beiden Varianten Primordien dokumentiert werden. Zu diesem Zeitpunkt waren an den Stecklingen der In-vitro-Mutterpflanzen makroskopisch sichtbare Wurzeln vorhanden. Die Wurzeln wuchsen durch das stark entwickelte Kallusgewebe hindurch. Innerhalb der Wurzeln sind Gefäßstränge zu erkennen (Abb.7 und 8).

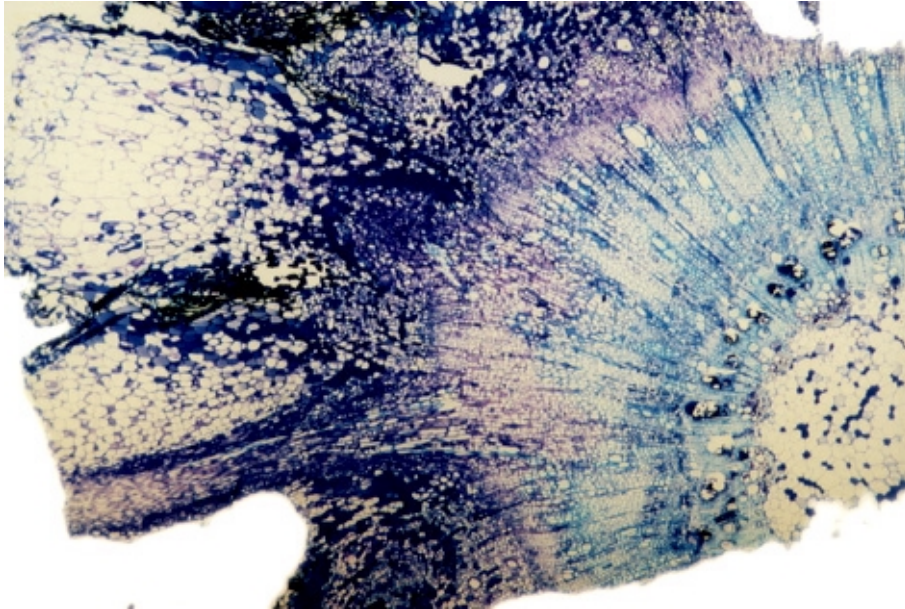


Abb.7: Querschnitt der *Cotinus coggygia* 'Royal Purple'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanzen, 21 Tage nach dem Stecken

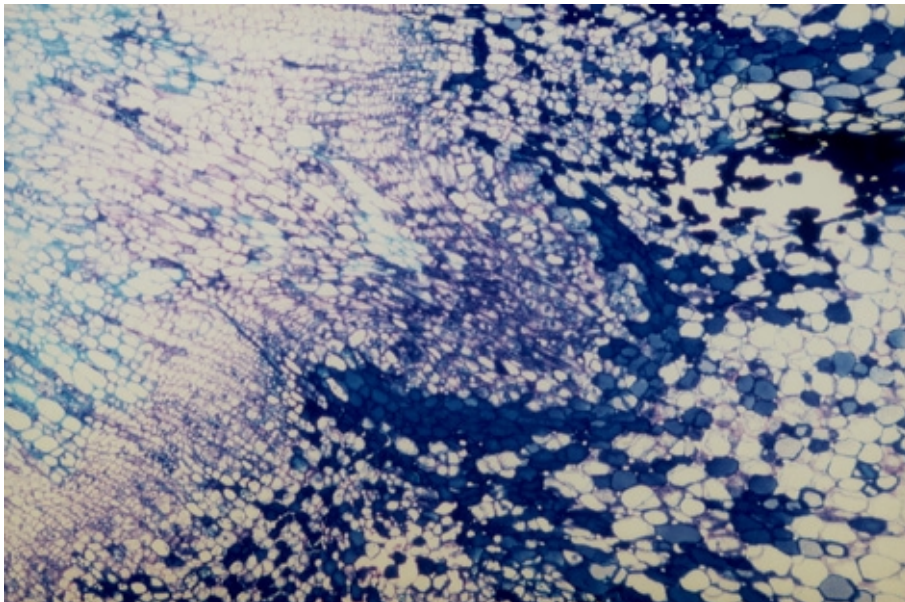


Abb.8: Querschnitt der *Cotinus coggygia* 'Royal Purple'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanzen, 21 Tage nach dem Stecken

3.1.3 *Prunus kurilensis* 'Brillant'

Bei der Sorte *Prunus kurilensis* 'Brillant' konnten erst am 21. Bewurzelungstag in den Stecklingsbasisquerschnitten bei der In-vitro-Variante Wurzelprimordien dokumentiert werden. Das Primordium war kegelförmig. Eine gut entwickelte Gefäßanbindung zum Xylem war vorhanden (Abb.9 und 10). Die Wurzelprimordien waren vermutlich aus den innersten parenchymatischen Zellen entstanden. Die Wurzelbildung erfolgte basal.

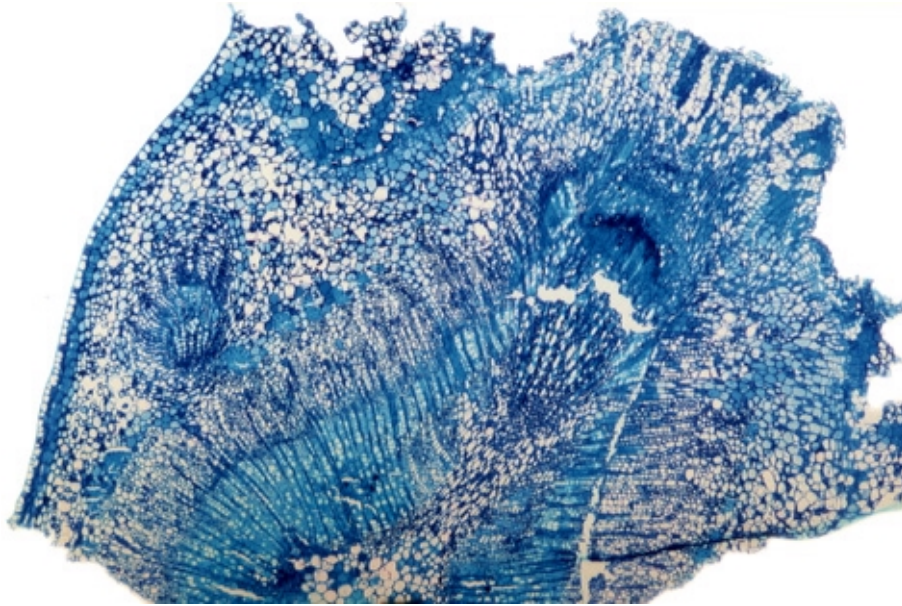


Abb.9: Querschnitt der *Prunus kurilensis* 'Brillant'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze, 21 Tage nach dem Stecken

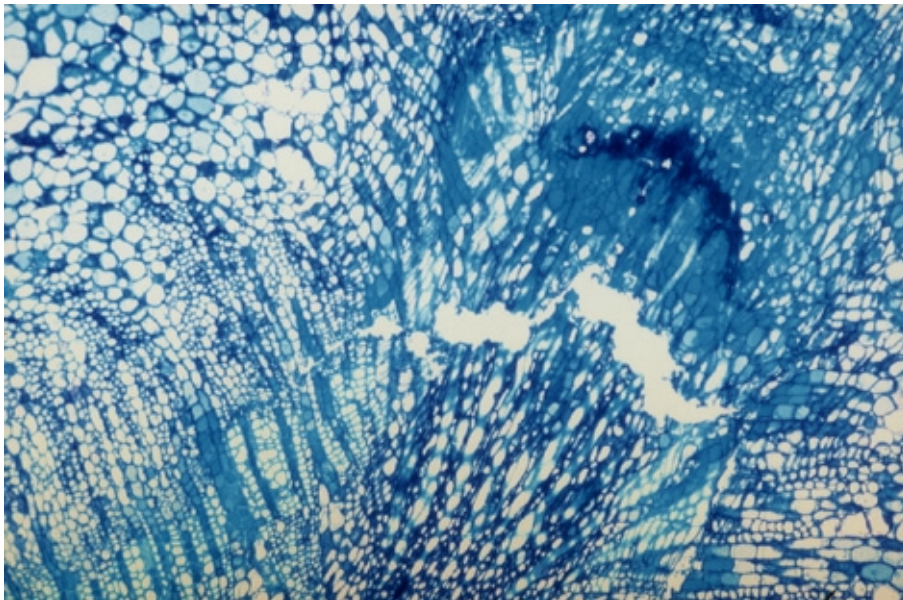


Abb.10: Querschnitt der *Prunus kurilensis* 'Brillant'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze, 21 Tage nach dem Stecken

3.1.4 *Prunus tenella* 'Fire Hill'

Bei den 1997 mit *Prunus tenella* 'Fire Hill' durchgeführten Untersuchungen wurden keine Wurzelprimordien gefunden. Selbst 28 Tage nach dem Stecken konnten keine Zellteilungen beobachtet werden (Abb.11). Im Rindenparenchym dieser Sorte hatten die eingelagerten Anhäufungen von Sklerenchymzellen teilweise Sklerenchymring gebildet (Abb.12).

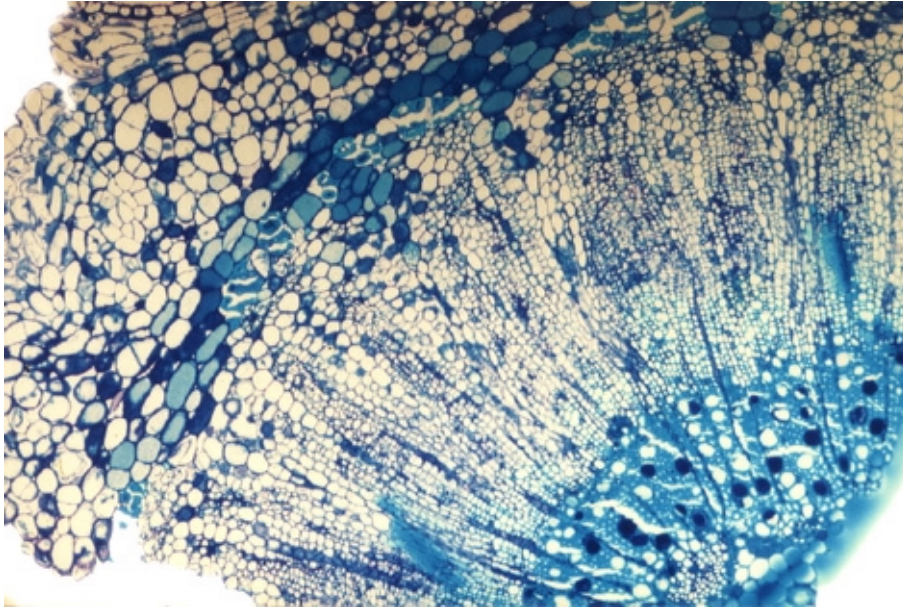


Abb.11: Querschnitt der *Prunus tenella* 'Fire Hill'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanzen, 28 Tage nach dem Stecken

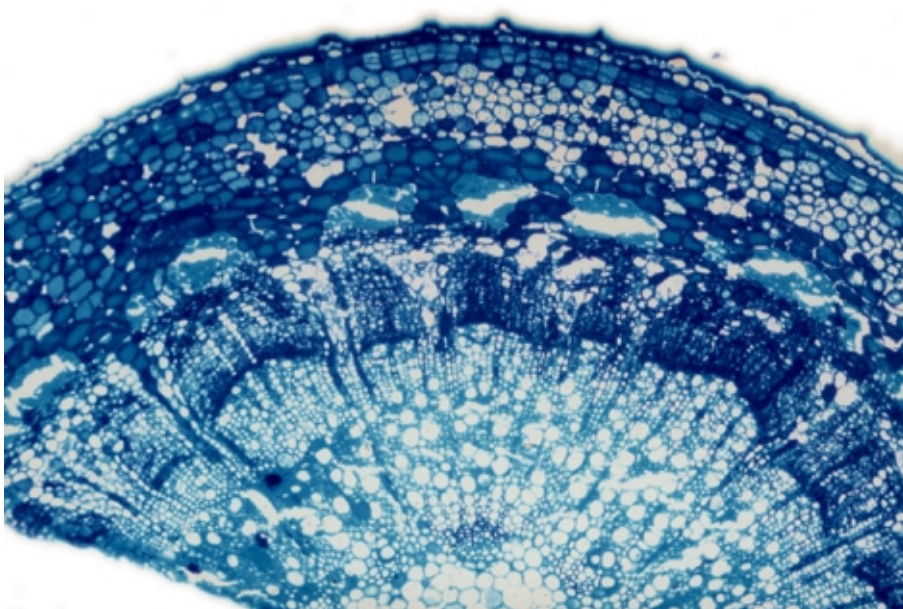


Abb.12: Anhäufungender Sklerenchymzellen im Querschnitt der *Prunus tenella* 'Fire Hill'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanzen, 21 Tage nach dem Stecken

3.2 Untersuchungen zur Peroxidase-Aktivität

Die pflanzlichen Peroxidasen (IAA-Oxidasen) sind Enzyme, die das endogene Auxin abbauen und seine Aktivität während der Adventivwurzelbildung beeinflussen. Es ist anzunehmen, daß bei intensiver Adventivwurzelbildung auch mehr Auxin gebildet wird, was bedeutet, daß eine erhöhte Abbauintensität benötigt würde. Infolgedessen wird die IAA-Oxidase-Aktivität als biochemischer Marker angesehen, um eine größere Bewurzelungskapazität anzuzeigen (GASPAR et al 1992). Da zwischen der Peroxidase-Aktivität und der IAA-Oxidase-Aktivität ein Zusammenhang vermutet wird, wurde in den eigenen Versuchen wegen deren einfacherer Bestimmung die Peroxidase-Aktivität ermittelt. Untersucht wurde, ob Stecklinge aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften eines Genotyps während der Adventivwurzelbildung eine veränderte Peroxidase-Aktivität aufweisen.

In der folgenden Tabelle (Tab.10) wurden zum Vergleich die mikroskopischen und bei den *Syringa-Vulgaris*-Hybriden nur die makroskopischen Beobachtungen während der Adventiv-wurzelbildung bei den Genotypen dargestellt, deren Peroxidase-Aktivität ermittelt wurde.

Tab.10: Mikroskopische und makroskopische*) Beobachtungen während der Adventivwurzelbildung bei verschiedenen Genotypen

Genotyp	Verm. Jahr	Variante	Tag 14	Tag 21	Tag 28	Tag 35
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman'*	1997	Kon87	—	Kallus	Kallus	Kallus
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman'*	1997	IV93	Kallus	Kallus	Kallus	Kallus
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman'*	1998	Kon87	-	Kallus	Kallus	Kallus
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman'*	1998	IV94	Kallus	Kallus	Kallus	Kallus
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L.Späth'*	1997	Kon87	-	Kallus	Kallus	Kallus
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L.Späth'*	1997	IV96	-	Kallus	Kallus	Kallus
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L.Späth'*	1998	Kon87	-	Kallus	Kallus	Kallus
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L.Späth'*	1998	IV94	-	Kallus	Kallus	Kallus
<i>Corylopsis pauciflora</i>	1997	Kon91	Kallus	Kallus	Kallus Primordium	Kallus Primordium
<i>Corylopsis pauciflora</i>	1997	IV95	Kallus	Kallus	Kallus Primordium	Kallus Primordium

Fortsetzung Tab.10:

Genotyp	Verm. Jahr	Variante	Tag 14	Tag 21	Tag 28	Tag 35
<i>Corylopsis pauciflora</i>	1998	Kon91	Kallus	Kallus	Kallus Primordium	Kallus Wurzel
<i>Corylopsis pauciflora</i>	1998	IV95	Kallus, Wurzelinitiale	Kallus Primordium	Kallus Wurzel	Kallus Wurzel
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	1998	Kon90	Kallus	Kallus Primordium	Kallus Primordium	Kallus Wurzel
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	1998	IV95	Kallus Primordium	Kallus Primordium	Kallus Wurzel	Kallus Wurzel
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	1997	Kon94	-		Kallus	Kallus
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	1997	IV95	-	Kallus	Kallus	Kallus
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	1997	IV96	-		Kallus	Kallus
<i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'	1998	Kon85	-	-	-	-
<i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'	1998	IV94	-	Primordium	Primordium	Primordium

-.....keine sichtbaren Veränderungen (ebenfalls an den Untersuchungstagen 0 und 7)

3.2.1 *Syringa-Vulgaris*-Hybriden

Die Messungen der Peroxidase-Aktivität wurden mit den beiden Flieder-Sorten 'Andenken an Ludwig Späth' und 'Mme Florent Stepman' in zwei Versuchsjahren parallel zu der Stecklingsbewurzelung durchgeführt.

Bei der Sorte '**Mme Florent Stepman**' unterschieden sich die Ausgangsergebnisse in den zwei Versuchsjahren deutlich (Abb.13 und 14). 1997 lag die Enzymaktivität zum Stecktermin bei beiden Varianten unter $0,1 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$, während im Jahr 1998 über $0,5 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$ gemessen wurde. Die Peroxidase-Aktivitätskurven verliefen in den beiden Jahren ähnlich. Die Kurve der In-vitro-Variante erreichte zwei Maxima (peaks), wobei das zweite Maximum einen höheren Wert aufwies. Die Maxima lagen 1997 am 14. und am 28. Tag ($1,585 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$). Danach fiel die Kurve steil ab. 1998 wurde das erste Maximum schon am 7. Tag erreicht. Das zweite lag auch hier am 28. Tag mit einem Wert von $1,561 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$. Die Geschwindigkeit der Abnahme der Enzymaktivität war geringer als im Jahr davor. Die konventionelle Variante erreichte in beiden Jahren nur ein Maximum, am 21. Tag. Sowohl der Anstieg zum Maximum als auch die Abnahme der Peroxidase-Aktivität danach war weniger steil als bei der In-vitro-Variante beider Versuchsjahre. Dies und auch die Tatsache, daß die Maximalwerte denen der In-vitro-Varianten unterlegen waren, deuten auf ein geringeres Bewurzelungspotential der konventionellen Variante hin.

Damit das Niveau der Veränderungen in der Peroxidase-Aktivität zwischen den einzelnen Genotypen besser vergleichbar wird, wurden die relativen Veränderungen (in %) gegenüber dem jeweiligen Ausgangswert am Tag 0 errechnet. Diese Angaben befinden sich in Tab.I im Anhang.

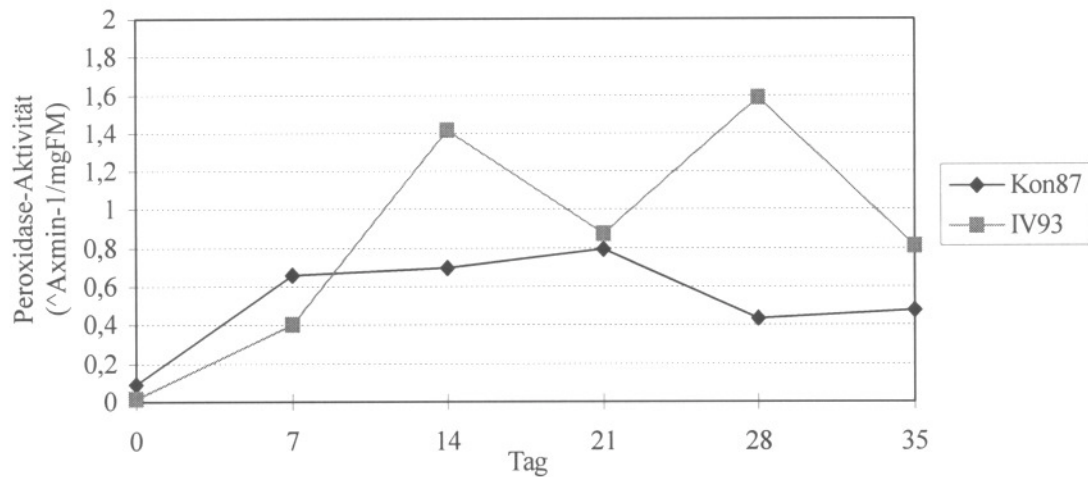


Abb.13: Peroxidase-Aktivität bei *Syringa vulgaris* 'Mme Florent Stepman' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1997.

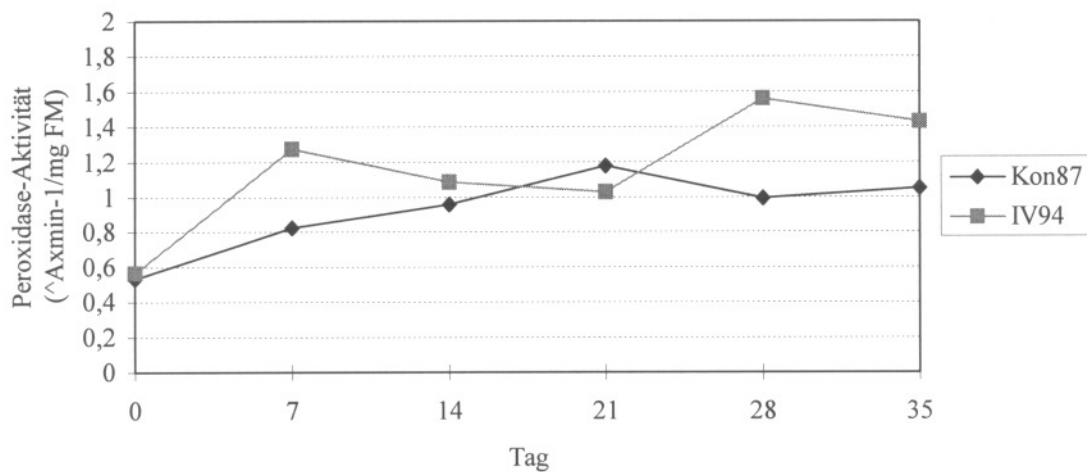


Abb.14: Peroxidase-Aktivität bei *Syringa vulgaris* 'Mme Florent Stepman' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1998.

Bei der Fliedersorte '**Andenken an Ludwig Späth**' entsprachen die Ergebnisse der Peroxidase-Aktivitätsmessungen den Arbeitshypothesen nicht. 1997 wurde bei der In-vitro-Variante eine deutlich (mehr als zweifach) höhere Ausgangsenzymaktivität als bei dem konventionellen Jahrgang gemessen (Abb.15). Die In-vitro-Variante erreichte ihr Maximum am 21. Tag ($1,975 \Delta\text{Axmin}^{-1} / \text{mg FM}$), und danach fiel ihre Kurve steil ab. Zu diesem Zeitpunkt hatte der konventionelle Jahrgang eine ebenso große Peroxidase-Aktivität ($1,924 \Delta\text{Axmin}^{-1} / \text{mg FM}$), die bis zum nächsten Prüftag noch anstieg, und dann langsam abnahm. Da in diesem Versuchsjahr die In-vitro-Variante eine signifikant niedrigere Bewurzelungsrate und eine signifikant größere Wurzelfrischmasse erreichte, kann kein Zusammenhang zwischen der Peroxidase-Aktivität und der Bewurzelungsleistung dieses Genotyps festgestellt werden. Dies unterstreichen auch die Messungen in dem darauffolgenden Versuchsjahr.

1998 war die In-vitro-Variante der konventionellen sowohl bei der Bewurzelungsrate als auch in den Wurzelqualitätsmerkmalen statistisch gesichert überlegen. Trotzdem hatte die konventionelle Variante die höhere Peroxidase-Aktivität, die am 14. Tag einen Maximumwert von $1,274 \Delta\text{Axmin}^{-1} / \text{mg FM}$

erreichte. Jedoch sind beide Kurven am letzten Prüftag noch im ansteigenden Stadium (Abb.16).

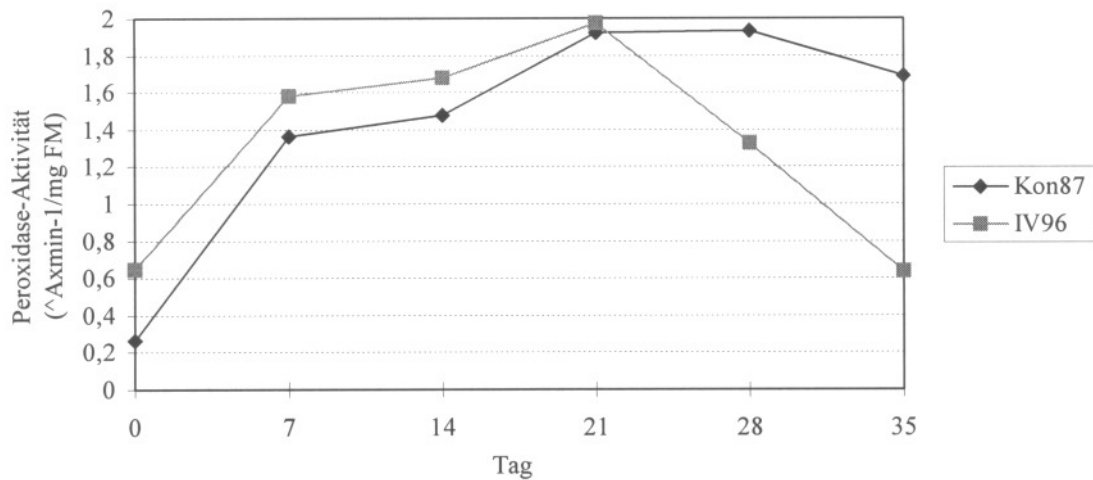


Abb.15: Peroxidase-Aktivität bei *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1997.

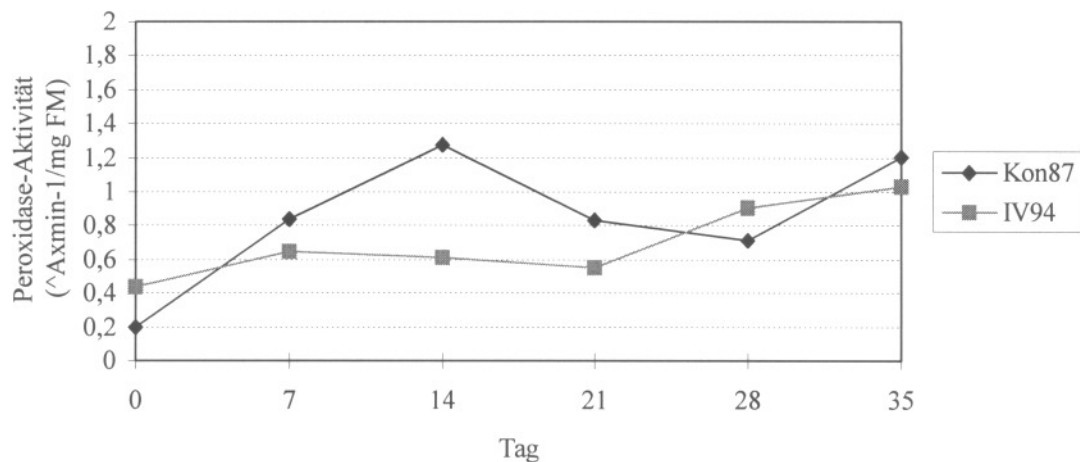


Abb.16: Peroxidase-Aktivität bei *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1998.

3.2.2 *Corylopsis pauciflora*

Die Peroxidase-Aktivität von *Corylopsis pauciflora* wurde auch in zwei aufeinanderfolgenden Vegetationsperioden untersucht. 1997 erreichten beide Varianten ihr Maximum am 14. Tag. Der Hypothese entgegengesetzt wies die konventionelle Variante eine höhere Enzymaktivität ($0,766 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$) auf als die In-vitro-Variante ($0,495 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$) und hatte eine steiler an- und nach dem Maximum zwischen Tag 14 und 21 absteigende Kurve. Dieses Phänomen entspricht jedoch der Bewurzelungsrate dieses Jahres bei *Corylopsis pauciflora* (Abb.40. und Abb.17).

1998 war die In-vitro-Variante ($1,015 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$) dem konventionellen Jahrgang ($0,705 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$) sowohl bei den ermittelten Bewurzelungsergebnissen als auch in der Peroxidase-Aktivität

überlegen. Das Maximum hatten beide Varianten am 21. Tag erreicht. Auch die Geschwindigkeit der Abnahme der Enzymaktivität war bei dem In-vitro-Jahrgang größer, was nach der Hypothese auch auf eine größere Bewurzelungsleistung hindeutet (Abb.18).

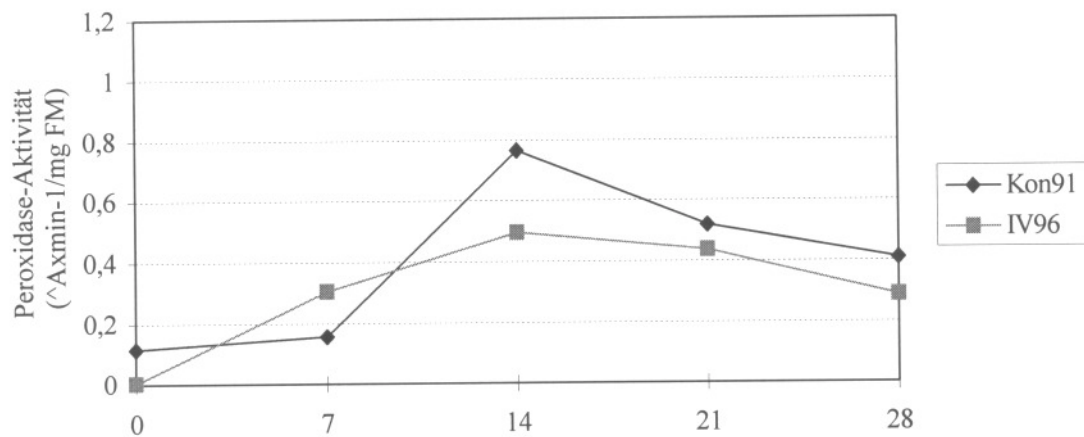


Abb.17: Peroxidase-Aktivität bei *Corylopsis pauciflora* während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1997.

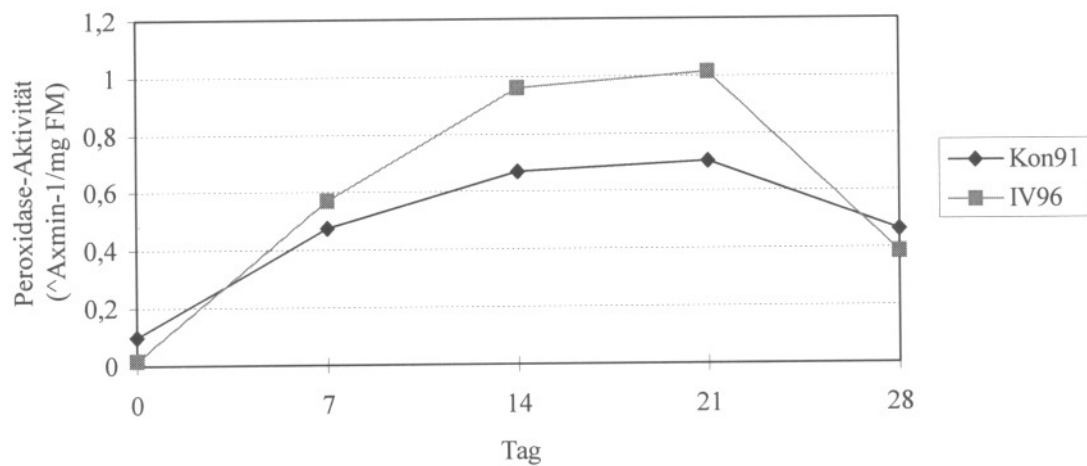


Abb.18: Peroxidase-Aktivität bei *Corylopsis pauciflora* während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1998.

3.2.3 *Cotinus coggygia* 'Royal Purple'

Die Peroxidase-Aktivität von *Cotinus coggygia* 'Royal Purple' wurde nur 1998 untersucht. Es handelte sich um einen Genotyp, der sich sehr gut (bis zu 100%) bewurzelte. In dem genannten Versuchsjahr konnte nur in der Bewurzelungsqualität (Wurzelazahl und Wurzelfrischmasse) die bessere Bewurzelungsfähigkeit der juvenilen In-vitro-Variante ermittelt werden. Die Bewurzelungsraten waren fast identisch. Jedoch erreichte die konventionelle Variante ein höheres Maximum ($1,889 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$) als der In-vitro-Jahrgang ($1,166 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$). Das widerspricht der Arbeitshypothese (Abb.19). Es ist wichtig festzustellen, daß die In-vitro-Variante eine niedrigere Peroxidase-Aktivität aufzeigte, obwohl eine zügigere Bewurzelung beobachtet wurde. Am 28. Tag hatten schon die meisten Stecklinge ausgewachsene Wurzeln, so daß die Messungen nicht weiter fortgesetzt wurden. Dies unterstreichen auch die histologischen Untersuchungen, wobei in den Stecklingsbasen der In-vitro-Variante dieser Sorte schon nach 14 Tagen Wurzelpseudomorphien und am 21. Bewurzelungstag makroskopisch sichtbare Wurzeln im Auswuchsstadium dokumentiert werden konnten.

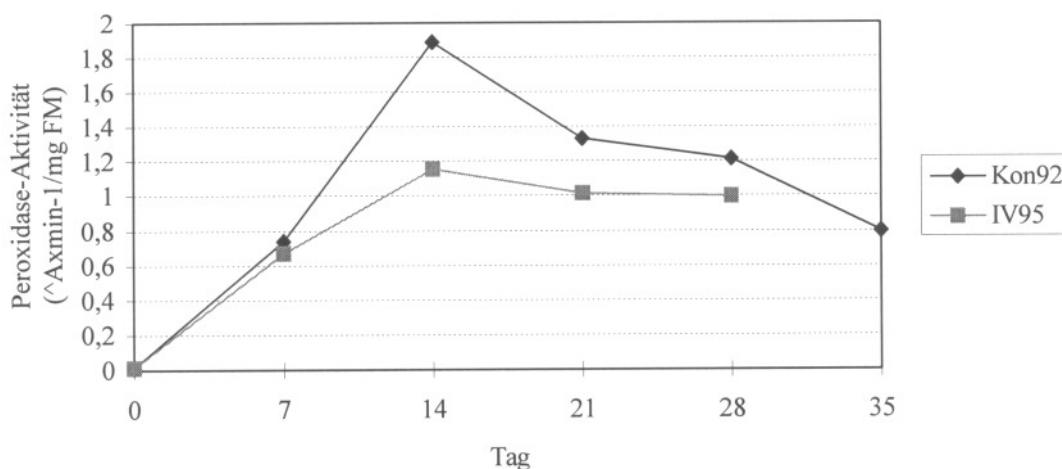


Abb.19: Peroxidase-Aktivität bei *Cotinus coggygia* 'Royal Purple' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1998.

3.2.4 *Prunus tenella* 'Fire Hill'

Bei *Prunus tenella* 'Fire Hill' handelt es sich um eine Sorte, die sich über Stecklinge sehr schwer bewurzeln läßt. Die ermittelten Bewurzelungsraten lagen in dem entsprechenden Versuchsjahr und unter den aufgeführten Prüfbedingungen zwischen 0% und 5%. Hier konnte bei den beiden In-vitro-Varianten kein Maximum festgestellt werden, da die Kurven am letzten Prüftag noch einen Aufwärtstrend zeigten. Die Variante IV95 wies einen Peroxidase-Aktivitätswert von $0,642 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$ auf, währenddessen am selben Tag die Proben des Jahrgangs IV96 kaum die Hälfte, $0,301 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$ erreichten. Die konventionelle Variante zeigte ein Maximum am 21. Tag. Dieses war gegenüber den anderen, in die Untersuchung miteinbezogenen Genotypen sehr niedrig ($0,198 \Delta\text{Axmin}^{-1}/\text{mg FM}$) (Abb.20).

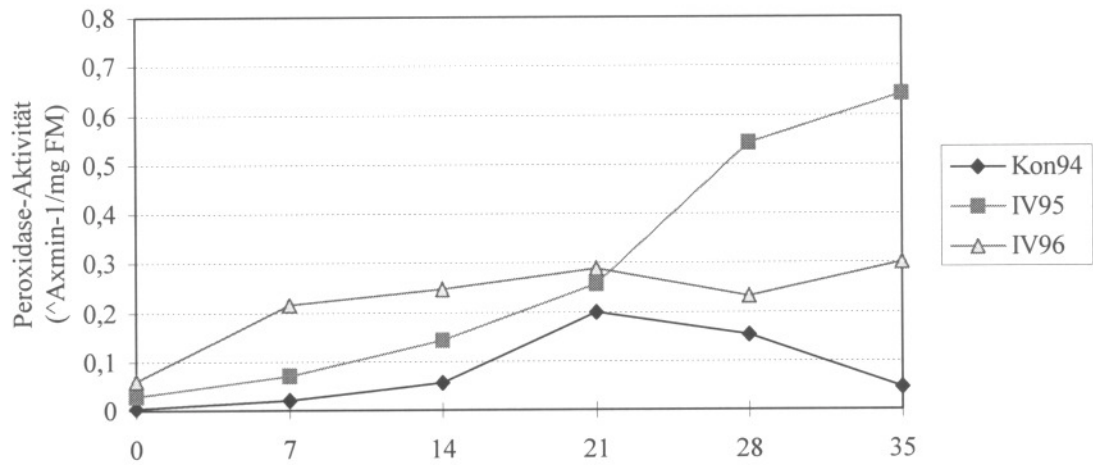


Abb.20: Peroxidase-Aktivität bei *Prunus tenella* 'Fire Hill' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1997.

3.2.5 *Prunus kurilensis* 'Brillant'

Prunus kurilensis 'Brillant' war der einzige untersuchte Genotyp, bei dem sich die Peroxidase-Aktivitäten der beiden Varianten praktisch nicht voneinander unterscheiden ließen. Beide Kurven hatten kein Maximum und waren noch am 35. Tag in der aufsteigenden Phase mit einem Wert von $0,711 \Delta\text{Amin}^{-1}/\text{mg FM}$ bei der konventionellen Variante und $0,741 \Delta\text{Amin}^{-1}/\text{mg FM}$ bei dem In-vitro-Jahrgang. Vergleichend dazu war in diesem Versuchsjahr auch die Bewurzelungsrate der beiden Varianten nicht signifikant voneinander unterscheidbar. Nur in der Wurzelqualität war die In-vitro-Variante der konventionellen überlegen (Abb.21).

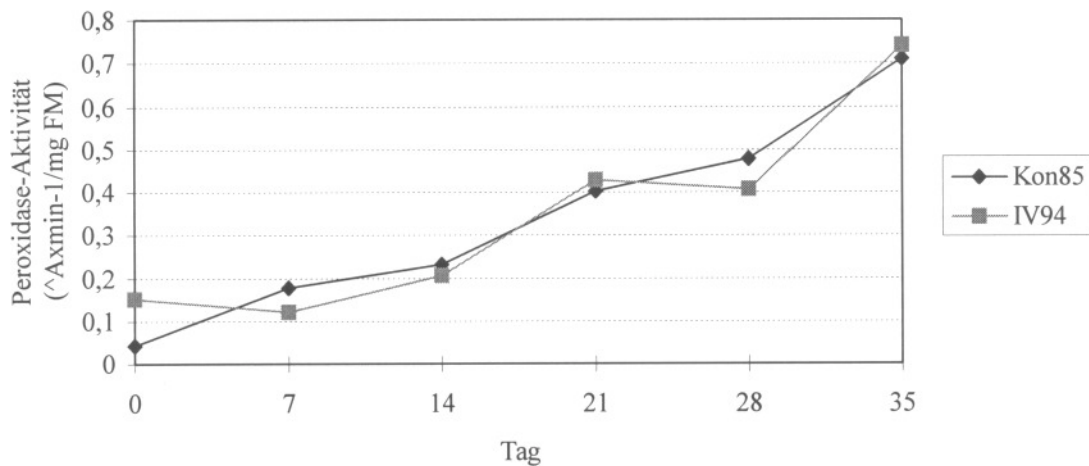


Abb.21: Peroxidase-Aktivität bei *Prunus kurilensis* 'Brillant' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1998.

Adventivwurzelbildung

3.3 Stecklingsbewurzelung

Die Ergebnisse der Stecklingsbewurzelung sind in Diagrammen dargestellt. Die unterschiedlichen Buchstaben über den Säulen weisen auf signifikante Unterschiede hin. Der statistische Vergleich erfolgte zwischen den Varianten eines Jahres.

3.3.1 *Syringa-Vulgaris-Hybriden*

Von den verschiedenen *Syringa-Vulgaris*-Hybriden ist bekannt, daß sie bei der In-vitro-Vermehrung deutliche Unterschiede in der Vermehrungsrate und im Wuchsverhalten aufweisen (AL HUSSIN 1988; WALDENMAIER 1991). Deshalb war zu vermuten, daß auch eine Rejuvenilisierung durch die In-vitro-Vermehrung sortenspezifisch ausgeprägt sein kann. Drei Sorten wurden in die Versuche einbezogen, von denen die unterschiedlichen In-vitro-Reaktionen nachgewiesen werden konnten. Bei dieser Versuchsserie stand nicht nur der Vergleich von Mutterpflanzenherkünften eines Genotyps mit drei Wiederholungen im Mittelpunkt, sondern auch der Vergleich zwischen den Genotypen.

Die Sorte '**Andenken an Ludwig Späth**' bewurzelte sich gut. Mit wenigen Ausnahmen lag die Bewurzelungsrate zwischen 87% und 100% (Abb.22). Die schlechte Bewurzelung des Jahrgangs IV93 im dritten Versuchsjahr kann auf die schlechte Kondition der Mutterpflanzen durch Pilzbefall zurückgeführt werden. Die Variante IV96 hatte im zweiten Versuchsjahr als einjährige Mutterpflanze wahrscheinlich noch nicht genügend Reservestoffe, um das 100%-ige Ergebnis wie im Jahr 1998 zu erbringen, und erreichte eine Bewurzelungsrate von nur 68,7%.

Bei dem Merkmal Wurzelanzahl konnten nicht in jedem Versuchsjahr statistisch gesicherte Unterschiede festgestellt werden (Abb.23). 1996 erreichte die Variante IV93 signifikant die besten Ergebnisse in beiden Qualitätsmerkmalen. Im zweiten Versuchsjahr war nur die Wurzelfrischmasse der jüngsten In-vitro-Jahrgänge signifikant größer (1,39g), als die der anderen Varianten (Abb.24). 1998 hatten die Stecklinge der Mutterpflanzen IV96 signifikant mehr Wurzeln gebildet. Die Wurzelfrischmassen waren in diesem Jahr bei der konventionellen Variante (1,12g) und dem ältesten In-vitro-Jahrgang (0,94g) am niedrigsten, während die Variante IV96 ein statistisch gesichert höheres Ergebnis (2,01g) erbrachte.

Es ist festzustellen, daß die Bewurzelungsqualität bei den Stecklingen der jüngeren In-vitro-Mutterpflanzen während der drei Versuchsjahre bis zu einem bestimmten Alter zunimmt, und die Ergebnisse der älteren Mutterpflanzen sich mit den Jahren verschlechtern.

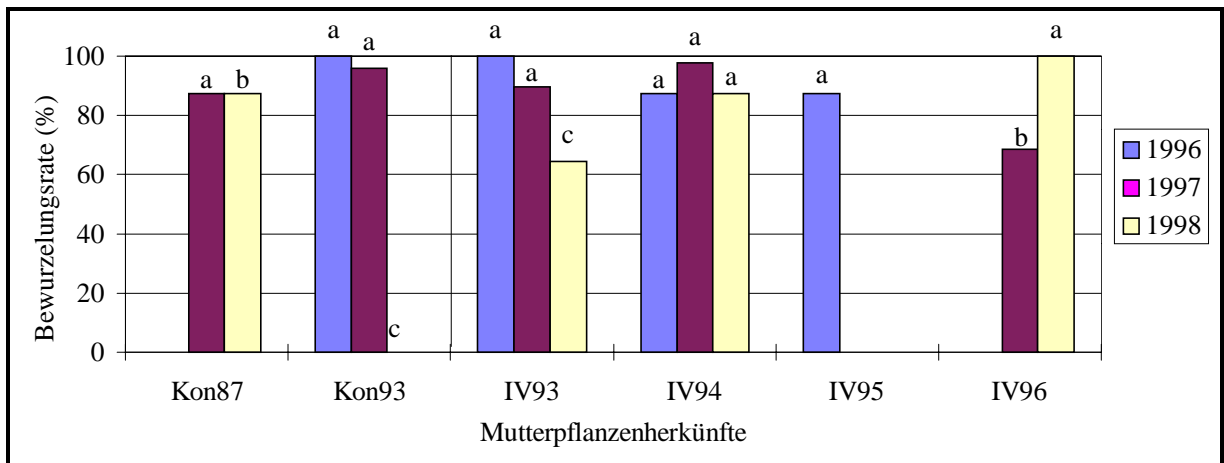


Abb.22: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Syringa vulgaris* 'Andenken an L. Späth' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

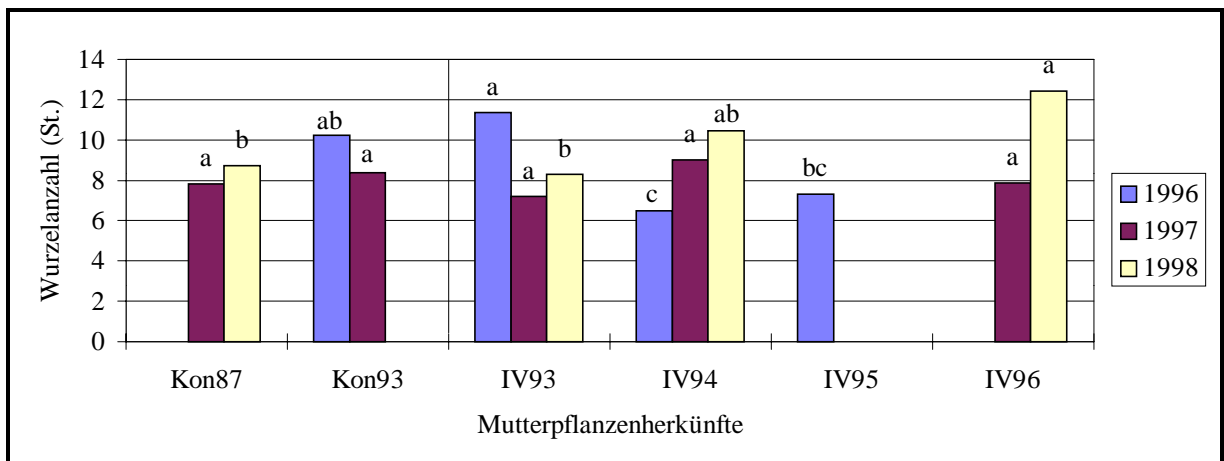


Abb.23: Wurzelszahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Syringa vulgaris* 'Andenken an L. Späth' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

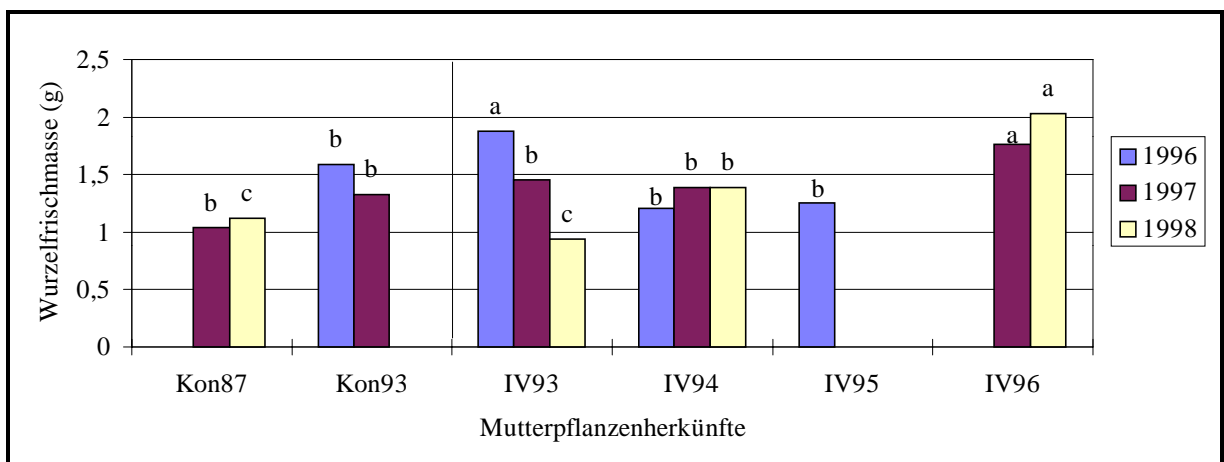


Abb.24: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Syringa vulgaris* 'Andenken an L. Späth' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

***Syringa vulgaris* 'Mme Lemoine'**

Bei der Sorte 'Mme Lemoine' wurde ähnlich wie bei *Prunus kurilensis* 'Brillant', neben den verschiedenen Jahrgängen der geschnittenen Mutterpflanzen auch eine junge ungeschnittene In-vitro-Variante in die Versuche einbezogen, um zu prüfen, welche Auswirkung der Pflanzenschnitt neben der Wirkung der Mutterpflanzenherkunft auf die Adventivwurzelbildung hat.

Die Bewurzelungsergebnisse dieser Sorte entsprechen eindeutig der Arbeitshypothese, das heißt, die Stecklinge juveniler Mutterpflanzenherkünfte bewurzelten sich besser als die des adulten Pflanzenmaterials.

Mit einer Ausnahme im zweiten Versuchsjahr war die Bewurzelungsrate der beiden jüngsten In-vitro-Varianten die höchste (83% bis 96%) und die des ältesten konventionellen Jahrgangs die niedrigste (45% bis 60%). Zwischen den Ergebnissen wurden statistisch gesicherte Unterschiede festgestellt (Abb.25).

Im ersten Versuchsjahr hatten nur die Stecklinge von den konventionell vermehrten Mutterpflanzen signifikant weniger Wurzeln (5,6 Stück) gebildet. 1997 waren neben den konventionellen Varianten die Variante IV88 und im dritten Versuchsjahr die Jahrgänge Kon87 und IV91, die statistisch gesichert weniger (4,1 Stück) Wurzeln erbrachten, als die jüngere In-vitro-Varianten, deren durchschnittliche Wurzelanzahl zwischen 5,9 und 7,3 Stück lag (Abb.26).

Die Ergebnisse der Wurzelfrischmasse-Ermittlung zeigten ein ähnliches Bild wie die Wurzelanzahl. Auch hier sind alle In-vitro-Varianten mit einer Ausnahme (IV91 im dritten Versuchsjahr) den konventionellen überlegen (Abb.27).

Die Stecklinge der ungeschnittenen Variante IV95 haben sich jedes Jahr signifikant schlechter bewurzelt, als die von geschnittenen Mutterpflanzen desselben Jahrgangs. Sowohl die Wurzelanzahl als auch die Wurzelfrischmassenergebnisse lagen hier auf dem Niveau der konventionellen Variante.

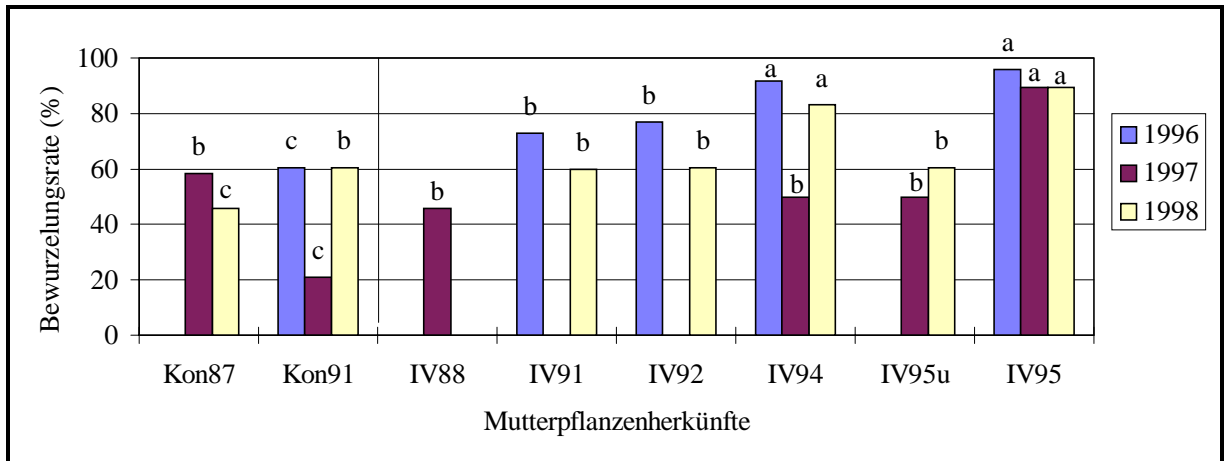


Abb.25: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Syringa vulgaris* 'Mme Lemoine' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

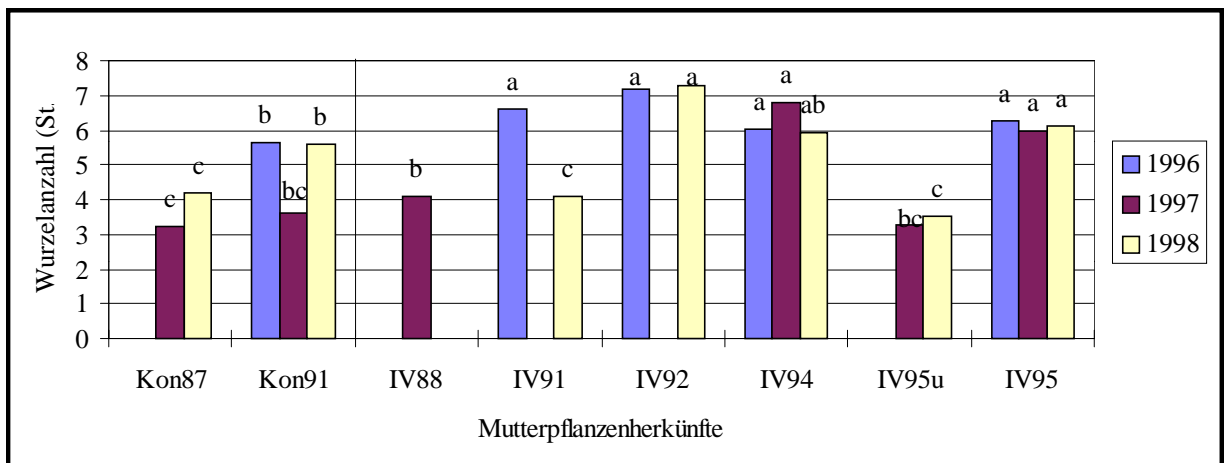


Abb.26: Wurzelnzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Syringa vulgaris* 'Mme Lemoine' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

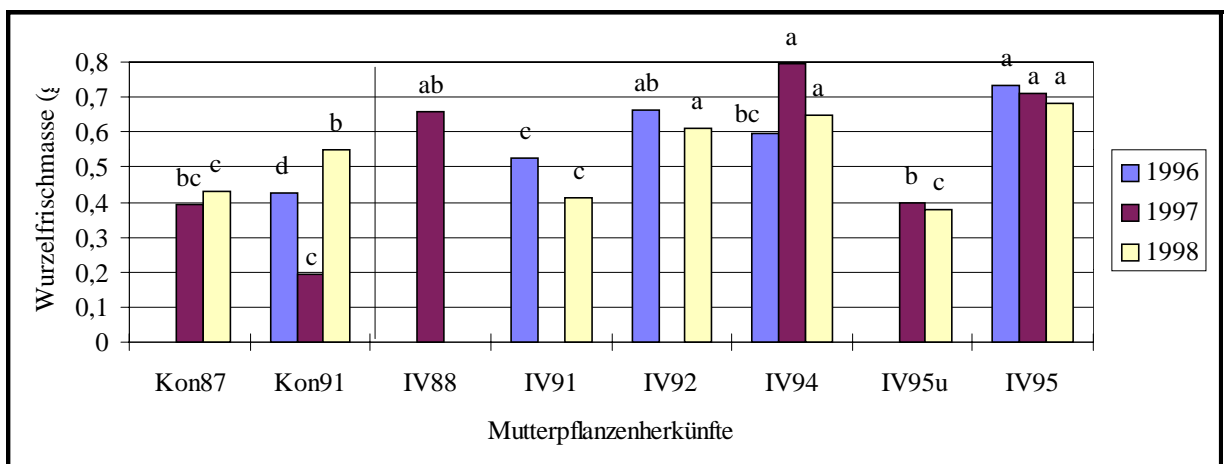


Abb.27: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Syringa vulgaris* 'Mme Lemoine' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

***Syringa vulgaris* 'Mme Florent Stepman'**

Die Stecklinge von 'Mme Florent Stepman' bewurzelten sich 1996 über 80% und nur die konventionellen und die ältesten In-vitro-Varianten zeigten signifikante Unterschiede. In dem darauffolgenden Versuchsjahr wiesen nur noch die beiden jüngsten und der 89-er In-vitro-Jahrgang eine signifikant höhere Bewurzelungsrate auf. 1998 bewurzelten sich alle Jahrgänge schlechter, besonders die Ergebnisse der IV92-er Variante waren niedriger. Jedoch waren die anderen In-vitro-Varianten den konventionellen überlegen (Abb.28).

Die Ergebnisse bezüglich der Wurzelanzahl zeigten ein differenzierteres Bild, das nicht in jedem Versuchsjahr der der Versuchsfrage zu Grunde liegenden These entspricht (Abb.29). 1996 hatten die Stecklinge der In-vitro-Varianten mit Ausnahme des Jahrgangs IV91 alle signifikant mehr Wurzeln gebildet als die von konventionellen Mutterpflanzen, 1997 waren es nur noch die Jahrgänge IV89, IV93 und IV94 und im dritten Versuchsjahr nur IV94 und IV95. 1998 war sogar die Wurzelanzahl der konventionellen Varianten höher, als die einiger älterer In-vitro-Varianten.

In den ersten beiden Versuchsjahren waren bezüglich der Wurzelfrischmasse alle In-vitro-Varianten den konventionellen überlegen. Die Unterschiede konnten statistisch gesichert werden. 1998 war es nur noch die jüngste In-vitro-Variante, die eine signifikant größere Wurzelfrischmasse (1,44g) gebildet hatte. Ähnlich wie bei dem Merkmal Wurzelanzahl, waren in diesem Versuchsjahr die Ergebnisse der konventionellen Varianten denen der älteren In-vitro-Varianten überlegen (Abb.30).

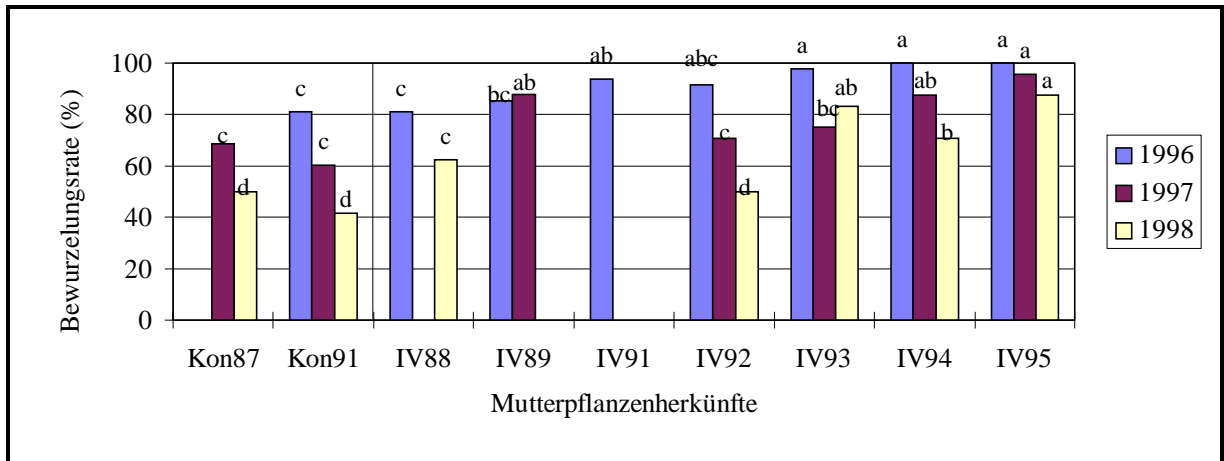


Abb.28: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Syringa vulgaris* 'Mme F. Stepman' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

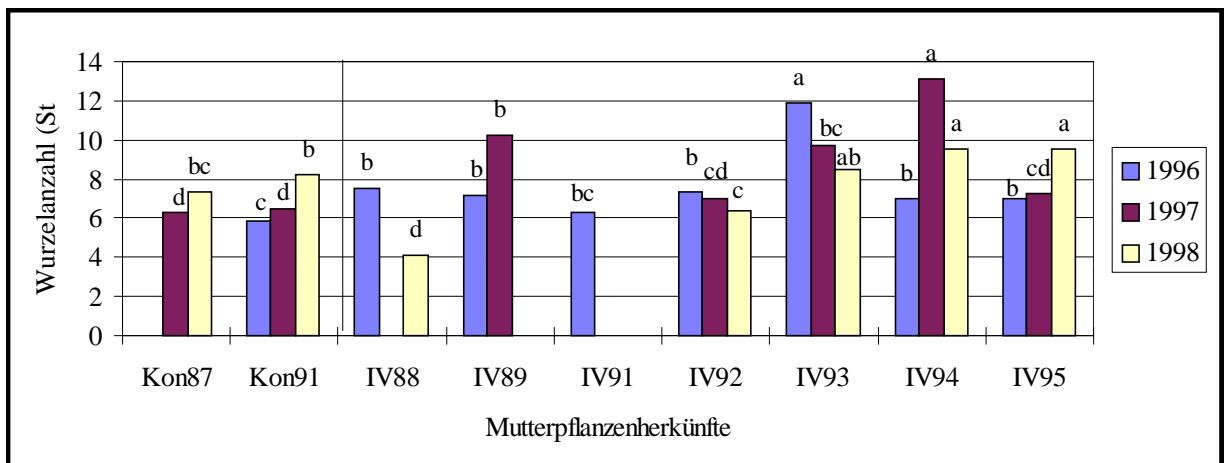


Abb.29: Wurzelnzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Syringa vulgaris* 'Mme F. Stepman' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

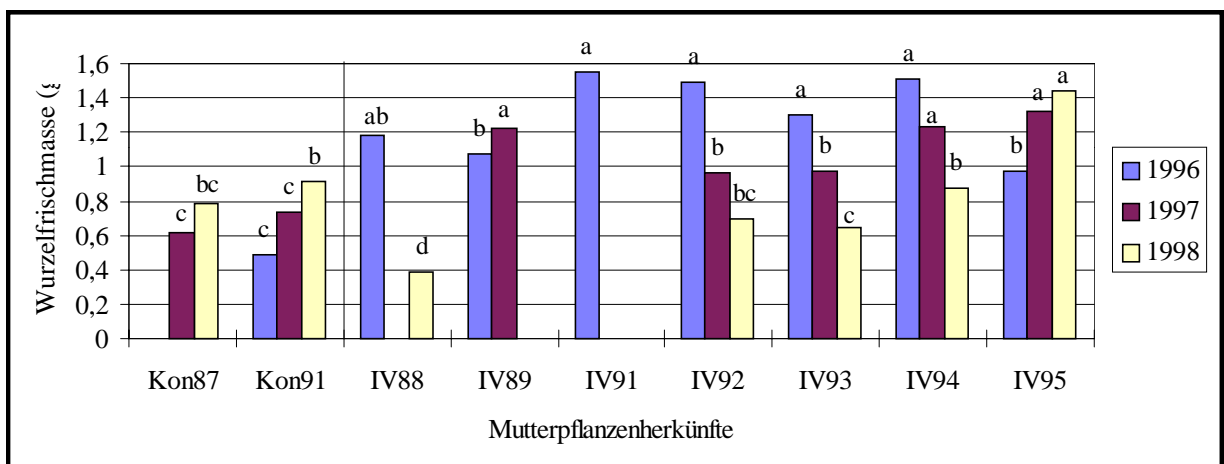


Abb.30: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Syringa vulgaris* 'Mme F. Stepman' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

3.3.2 *Prunus kurilensis* 'Brillant'

Bei *Prunus kurilensis* 'Brillant' wurden außer den verschiedenen Jahrgängen auch geschnittene und ungeschnittene Mutterpflanzen in die Versuche einbezogen, um zu prüfen, welche Auswirkung der Pflanzenschnitt neben der Wirkung der Mutterpflanzenherkunft auf die Adventivwurzelbildung hatte. In den folgenden Diagrammen wurden die ungeschnittenen Jahrgänge mit dem Index "u" versehen.

Die Bewurzelungsrate (Abb.31) bei den geschnittenen In-vitro-Mutterpflanzen lag überwiegend zwischen 80% und 100%. Ausnahmen bildeten darunter die Varianten IV91 und IV93 im Jahr 1997, sowie der Jahrgang IV94, der in den drei Versuchsjahren durchgehend niedrige (60-75%) Bewurzelungsraten erzielte. Die konventionellen Varianten erreichten mit zwei Ausnahmen eine noch niedrigere Bewurzelungsrate (58-71%).

Die größte Wurzelmasse (Abb.33) hatten die jüngsten In-vitro-Mutterpflanzen, aber auch die älteren konventionell vermehrten Mutterpflanzen, die in den letzten Jahren jedesmal sehr stark geschnitten worden waren. Jedoch hatten die Stecklinge älterer konventionell vermehrter Mutterpflanzen in den drei Vermehrungsjahren signifikant weniger Wurzeln gebildet als die beiden jüngsten In-vitro-Varianten (Abb.32). 1998 hatten die Stecklinge aller geschnittenen Mutterpflanzenvarianten eine größere Wurzelanzahl, als die der konventionellen Varianten. Die vier jüngsten In-vitro-Varianten waren auch in der Wurzelfrischmasse überlegen.

Es ist festzustellen, daß Stecklinge von ungeschnittenen Mutterpflanzen sich in beiden Vermehrungsjahren schlechter bewurzelten als Stecklinge geschnittener Mutterpflanzen von demselben Jahrgang, in einigen Fällen (z.B. IV91u) sogar schlechter als die von älteren geschnittenen Mutterpflanzen (Verzögerung der Alterung durch Mutterpflanzenschnitt). Diese Feststellung gilt sowohl für die Bewurzelungsrate als auch für die Bewurzelungsqualität. Da die Bewurzelung dieser Sorte unter heutigen Umständen nicht mehr problematisch ist, kann es vorkommen, daß die Wirkung des Pflanzenschnittes die Rejuvenilisierung durch In-vitro-Vermehrung überlagert.

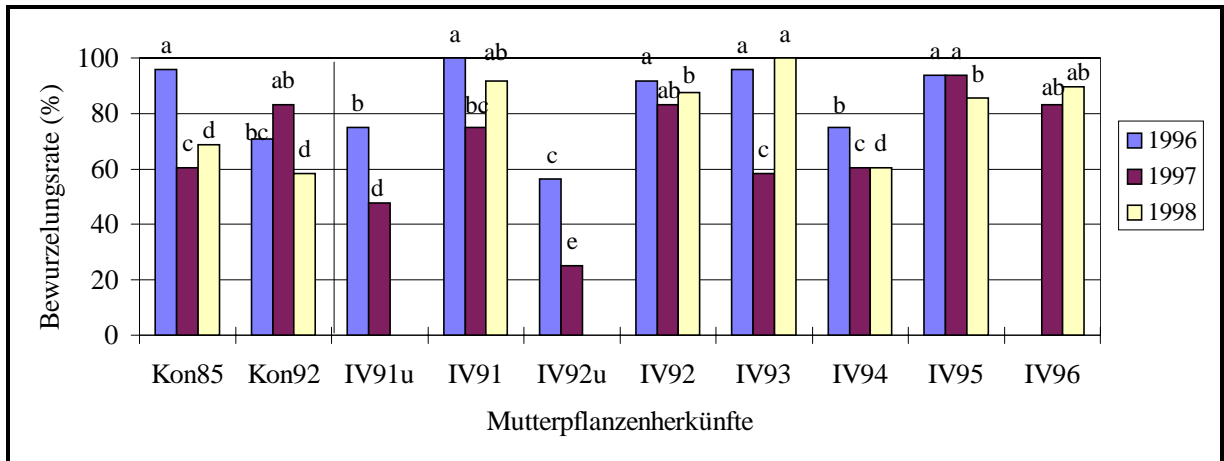


Abb.31: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Prunus kurilensis* 'Brillant' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

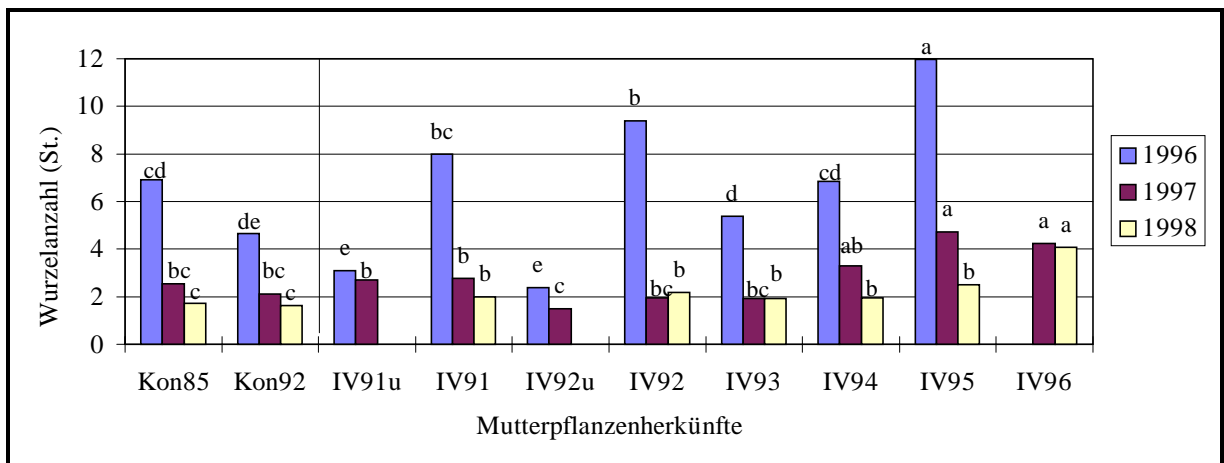


Abb.32: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Prunus kurilensis* 'Brillant' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

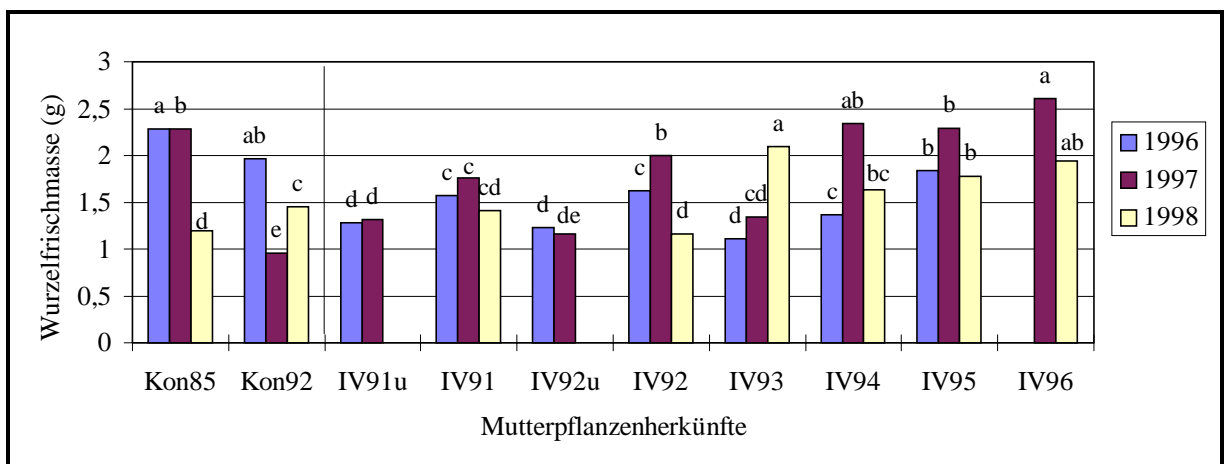


Abb.33: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Prunus kurilensis* 'Brillant' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

3.3.3 *Prunus tenella* 'Fire Hill'

Die Sorte *Prunus tenella* 'Fire Hill' bewurzelte sich sehr schlecht. Es wurden in den drei Versuchsjahren eine konventionelle (Kon91) und drei In-vitro-Varianten (IV94, IV95 und IV96) in die Versuche miteinbezogen. In den meisten Fällen fand keine Bewurzelung statt. Nur die jüngste In-vitro-Variante hat 1997 eine auswertbare Menge an bewurzelten Stecklingen (25%) erbracht. Die Wurzelanzahl betrug 1,8 Stück je Steckling und die durchschnittliche Wurzelfrischmasse lag bei 0,29 g.

3.3.4 *Prunus serrulata* 'Kanzan'

Alle *Prunus serrulata* 'Kanzan'-Varianten bewurzelten sich in den drei Versuchsjahren zu über 95%. Zwischen den verschiedenen Ergebnissen der Bewurzelungsrate gab es keinen signifikanten Unterschied (Abb.34).

Bei der Wurzelanzahl waren die In-vitro-Varianten den konventionellen in jedem Versuchsjahr überlegen (Abb.35). Diese Unterschiede waren statistisch gesichert. 1996 waren es die Varianten IV93 und IV95, die am meisten Wurzeln (14,8 und 16,5 Stück) je Steckling gebildet hatten. Im zweiten Versuchsjahr hatten die Jahrgänge IV95 und IV96 die größte Wurzelanzahl (22,1 und 24,0). 1998 erbrachte die Variante IV95 das beste Ergebnis (19,1).

Die Wurzelfrischmassen-Ermittlungen zeigen ein anderes Bild (Abb.36). Hier wurde in dem ersten Versuchsjahr zwischen den Varianten kein signifikanter Unterschied festgestellt, nur der Jahrgang IV94 war den anderen unterlegen. 1997 ergaben die Varianten IV94 und IV95 eine signifikant größere Wurzelfrischmasse als die konventionelle Variante. Dabei zeigte sich auch zwischen diesen Varianten ein signifikanter Unterschied. In dem dritten Versuchsjahr waren alle In-vitro-Varianten dem konventionellen Jahrgang überlegen, die größte Wurzelfrischmasse (3,63g) erbrachte die Variante IV93.

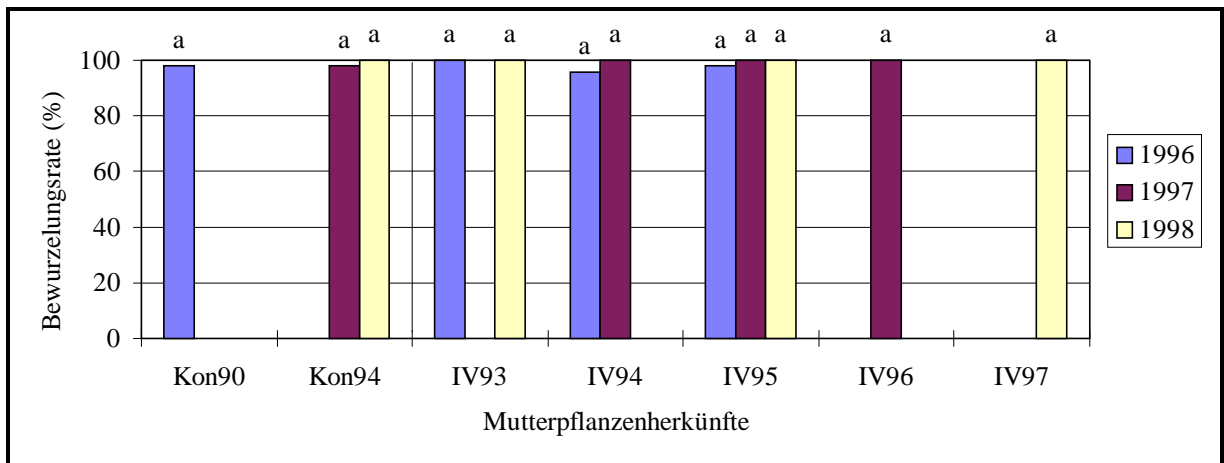


Abb.34: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Prunus serrulata* 'Kanzan' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

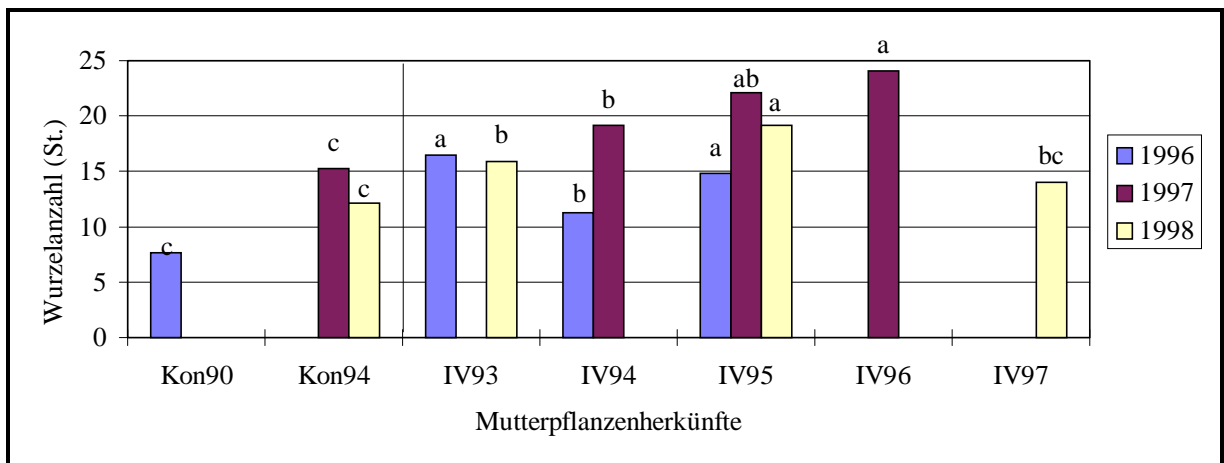


Abb.35: Wurzelaanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Prunus serrulata* 'Kanzan' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

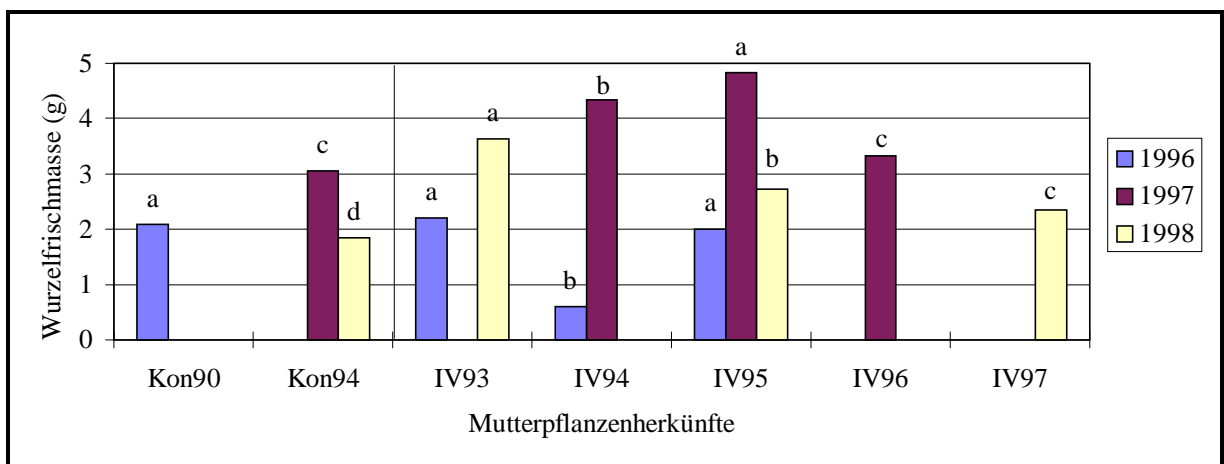


Abb.36: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Prunus serrulata* 'Kanzan' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

3.3.5 *Prunus triloba*

Bei *Prunus triloba* wurden im Jahr 1997 mit zwei Varianten (Kon87 und IV94) Bewurzelungsversuche durchgeführt. Die beiden Varianten bewurzelten sich über 90%, und es war kein signifikanter Unterschied feststellbar. In der Wurzelanzahl war die konventionelle Herkunft mit durchschnittlich 4,9 Wurzeln je Steckling der Variante IV94 (2,7 Stück) überlegen. Jedoch hatten die Stecklinge der In-vitro-Variante eine signifikant größere Wurzelfrischmasse (1,22g) erbracht, als die der konventionellen Variante (0,97g).

3.3.6 *Amelanchier laevis* 'Ballerina'

Bei *Amelanchier laevis* 'Ballerina' wurde eine konventionelle Variante im Versuchsjahr 1997 mit einer, und 1998 mit zwei In-vitro-Varianten verglichen. 1997 war die Variante IV96 der konventionellen deutlich überlegen und führte zu einer mehr als dreifachen Bewurzelungsrate (Abb.37). In dem darauffolgenden Versuchsjahr war kein statistisch gesicherter Unterschied zwischen diesen Varianten feststellbar, nur der Jahrgang IV97 hatte eine signifikant höhere Bewurzelungsrate (93,7%).

Ein ähnliches Bild zeigten die Ergebnisse bezüglich der Wurzelanzahl und der Wurzelfrischmasse. Auch hier war im Jahr 1997 die In-vitro-Variante der konventionellen überlegen und hat mehr als doppelt soviel Wurzeln gebildet, die sechsfach mehr Frischmasse erbrachten. 1998 war aber nur die Wurzelanzahl der Variante IV97 dem konventionellen Jahrgang überlegen, wogegen beide In-vitro-Varianten eine signifikant größere Wurzelfrischmasse besaßen (Abb.38 und 39).

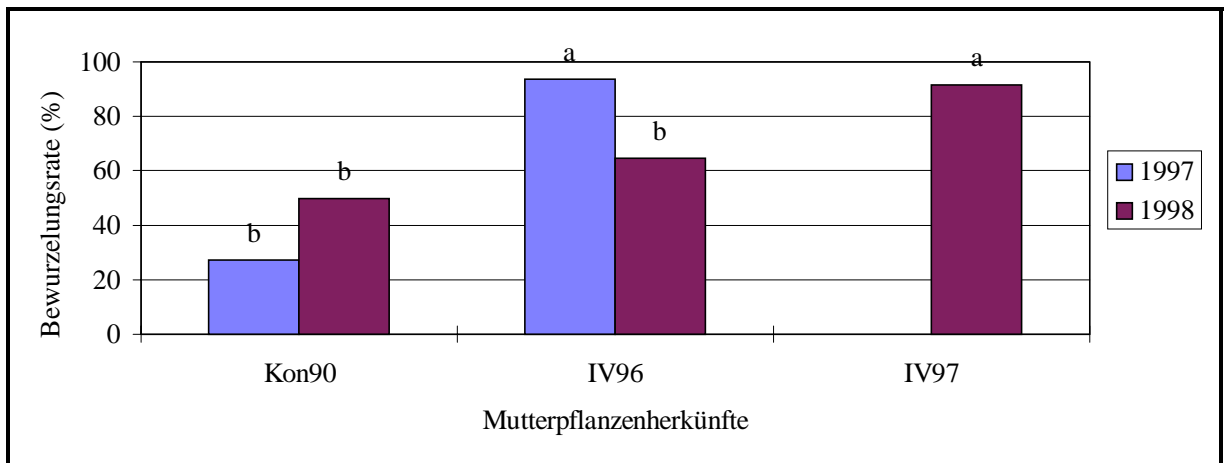


Abb.37: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Amelanchier laevis* 'Ballerina' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

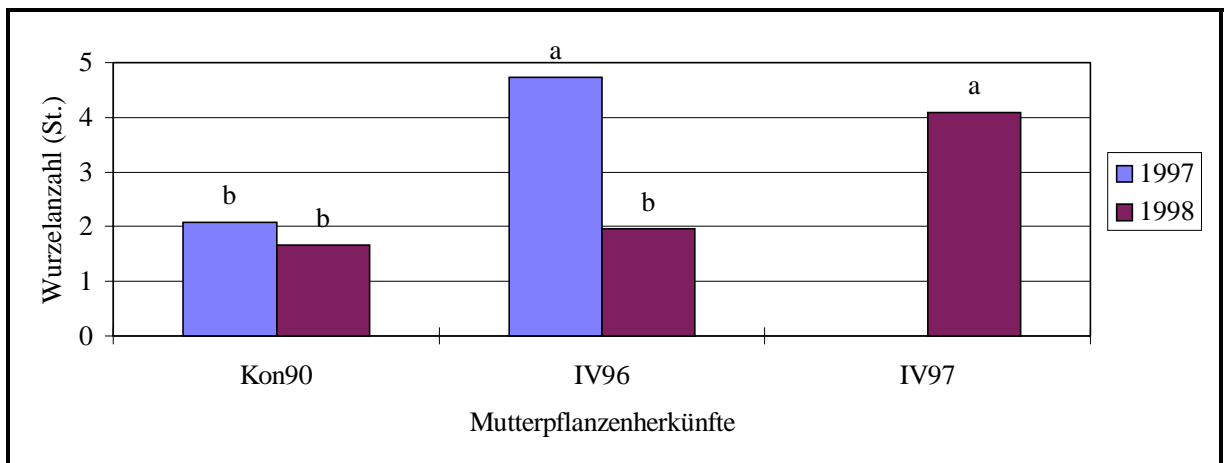


Abb.38: Wurzelaanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Amelanchier laevis* 'Ballerina' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

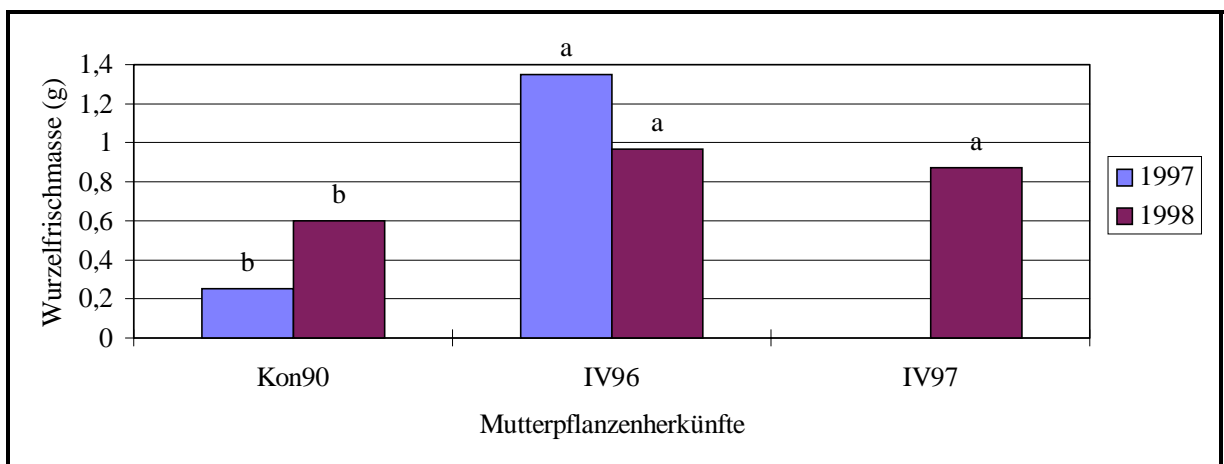


Abb.39: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Amelanchier laevis* 'Ballerina' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

3.3.7 *Corylopsis pauciflora*

Bei *Corylopsis pauciflora* zeigen die Ergebnisse bezüglich der Bewurzelungsrate ein differenziertes Bild, das nicht in jedem Versuchsjahr der zu Grunde gelegten Hypothese entspricht (Abb.40). Im Jahr 1996 zeigte das Vermehrungsmaterial der ältesten konventionell vermehrten Mutterpflanzen die höchste Bewurzelungsrate, während die jüngeren konventionell vermehrten und die in vitro vermehrten Mutterpflanzen signifikant geringere Ergebnisse zeigten. Ursache dafür kann der Entwicklungszustand der Mutterpflanzen zum Zeitpunkt der Entnahme des Vermehrungsmaterials sein. Nur die Mutterpflanze des Jahrganges 1989 war im Freiland ausgepflanzt, die anderen Mutterpflanzen-Varianten standen in Containern und hatten 1996 einen verzögerten und schwachen Triebzuwachs. Grund dafür kann der schlechte Ernährungszustand dieser Mutterpflanzen sein. Auch die Bewurzelungsrate der Versuchswiederholung im Jahr 1997 war in der In-vitro-Variante entgegen der Hypothese am schlechtesten. Dieses kann ebenfalls auf den Entwicklungszustand der Mutterpflanzen zurückzuführen sein. Es wird dadurch bekräftigt, daß im dritten Versuchsjahr 1998 die Stecklinge der In-vitro-Varianten eine 100%-ige Bewurzelungsrate aufwiesen, jedoch unterschieden sich diese Ergebnisse nur von der ältesten konventionellen Mutterpflanze signifikant.

Bei dem Merkmal Wurzelanzahl kann die Juvenilität des In-vitro-Ausgangsmaterials durch die signifikant höhere Anzahl gebildeter Wurzeln pro Steckling vermutet werden (Abb.41). So wies die Variante IV95 in allen drei Jahren durchschnittlich 16 bis 18 Wurzeln pro Steckling auf, während die Anzahl bei den konventionellen Varianten überwiegend zwischen 7 und 12 lag.

Die Wurzelfrischmasse kann ebenso die Qualität des bewurzelten Stecklings dokumentieren (Abb.42). Bis auf eine Ausnahme im Jahr 1997, wo die älteste konventionelle Variante die größte Wurzelfrischmasse (0,43g) erbrachte, ist hier die In-vitro-Variante eindeutig überlegen. In dem Versuchsjahr 1997 erzielten die Stecklinge der in vitro vermehrten Mutterpflanzen eine Wurzelfrischmasse von 0,61g (IV95) bzw. 0,58g (IV97), wogegen das beste Ergebnis der konventionellen Variante bei 0,44g lag. Diese Unterschiede sind statistisch gesichert.

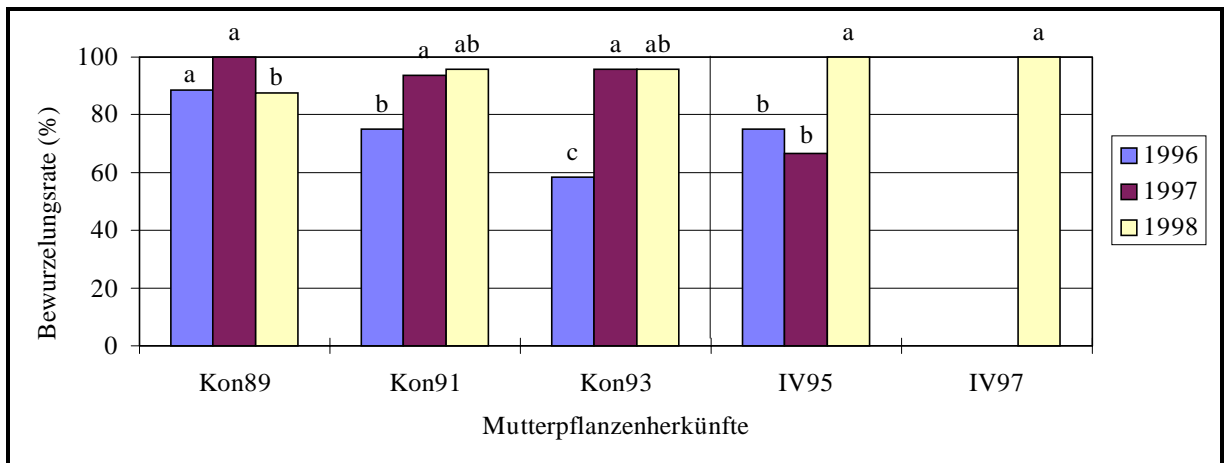


Abb.40: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Corylopsis pauciflora* in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

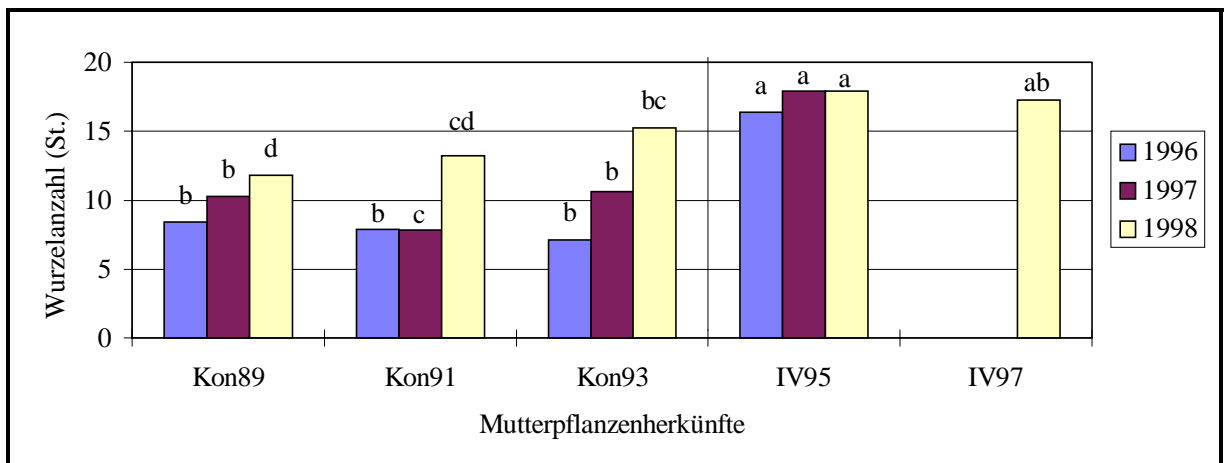


Abb.41: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Corylopsis pauciflora* in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

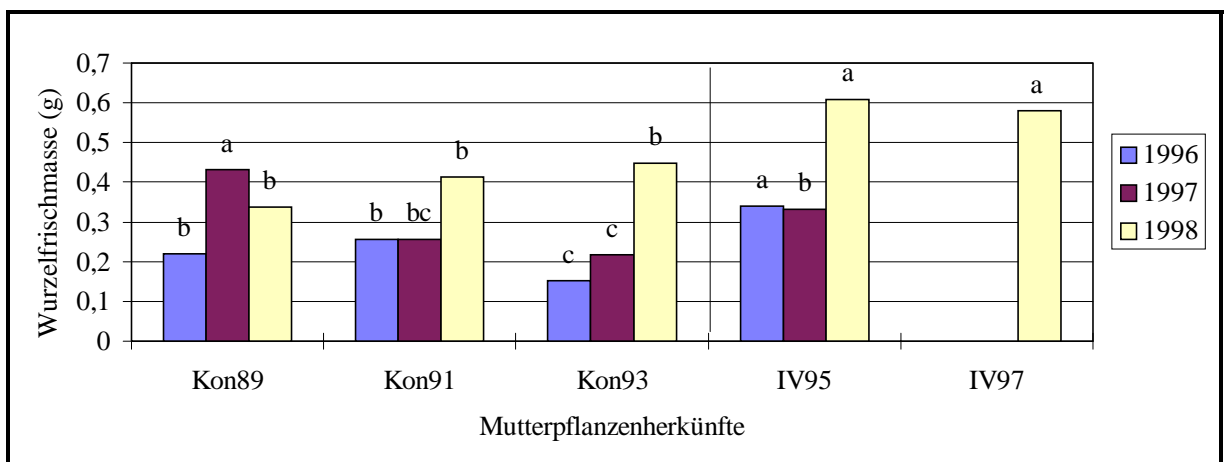


Abb.42: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Corylopsis pauciflora* in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

3.3.8 *Cotinus coggygia* 'Royal Purple'

Bei *Cotinus coggygia* 'Royal Purple' wurde eine konventionell vermehrte Mutterpflanzenherkunft (Jahrgang 1990) mit drei In-vitro-Jahrgängen verglichen. Dabei zeigte sich bezüglich der Bewurzelungsrate in zwei Versuchsjahren kein signifikanter Unterschied, was auf die allgemein gute Adventivwurzelbildung (90-100%) bei dieser Sorte zurückzuführen ist (Abb.43). Ausschließlich im Versuchsjahr 1997 konnte ein Unterschied zwischen den konventionellen und In-vitro-Varianten statistisch gesichert werden. Jedoch erreichte hier die konventionelle Variante eine Bewurzelungsrate von 89,5%, während die Stecklinge der beiden jüngsten In-vitro-Jahrgänge zu 100% bewurzelten.

Wurzelaanzahl und Wurzelfrischmasse waren 1996 durch den Zustand der Mutterpflanzen beeinflusst. Im Gegensatz dazu wiesen die Ergebnisse 1997 und insbesondere das Jahr 1998 eindeutig in Richtung Arbeitshypothese. In beiden Versuchsjahren war sowohl in der Wurzelaanzahl als auch in der Wurzelmasse die In-vitro-Variante den konventionellen überlegen (Abb. 44 und 45). Diese Unterschiede sind signifikant.

Es ist auch festzustellen, daß die Ergebnisse, im Hinblick auf die Wurzelqualität bei der 92-er konventionellen Mutterpflanze im Versuchszeitraum von drei Jahren schlechter wurden. Dagegen wurde die Bewurzelungsqualität bei den jüngeren In-vitro-Mutterpflanzen mit der jährlichen Entwicklung immer besser, bis es bei einem bestimmten Alter umschlug (hier ca. 4-5 Jahre). Dieser Trend ist besonders beim Merkmal Wurzelfrischmasse zu beobachten. Die Stecklinge der Variante IV95 erbrachten 1996 durchschnittlich 2,16g Wurzelfrischmasse, die sich im dritten Versuchsjahr verdoppelte und 4,31g betrug. So lag aber die Wurzelfrischmasse 1997 bei der Variante IV93 bei 4,36g und im darauffolgenden Jahr nur noch bei 3,17g. Da die Bewurzelungsqualität auch als ein Merkmal der Juvenilität angenommen wird, scheint diese Beobachtung die These zu bestätigen, daß die Juvenilität der Mutterpflanzen mit der Alterung nachläßt. Außerdem müssen die Mutterpflanzen ein bestimmtes Entwicklungsstadium erreicht und genügend Reservestoffe akkumuliert haben, um ihr maximales Potential bei der Adventivwurzelbildung zu entfalten.

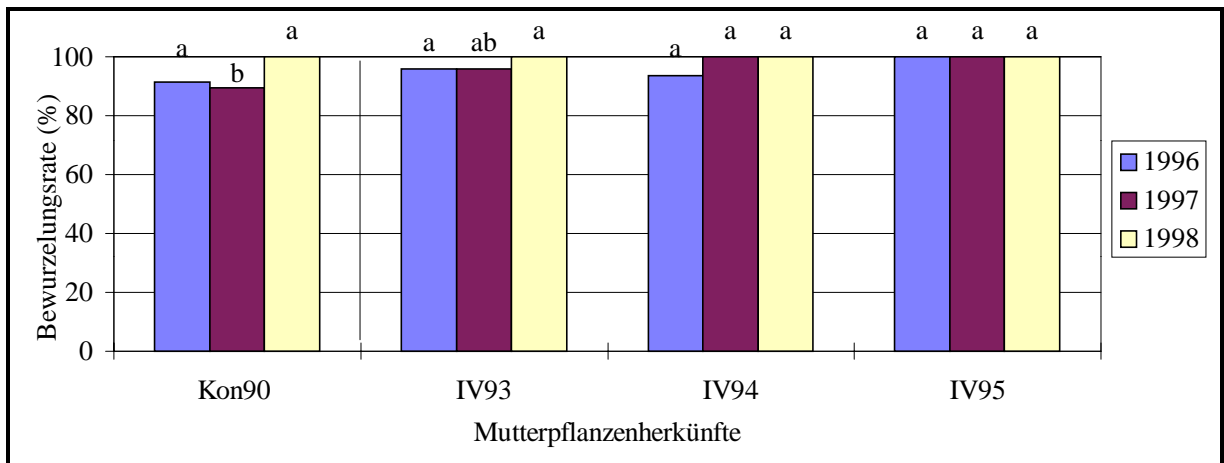


Abb.43: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Cotinus coggygia* 'Royal Purple' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

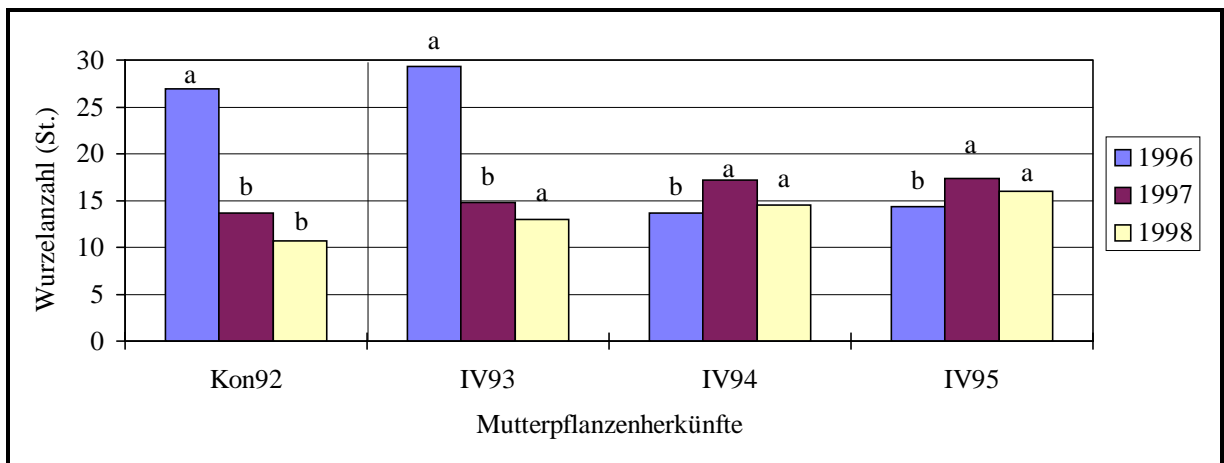


Abb.44: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Cotinus coggygia* 'Royal Purple' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

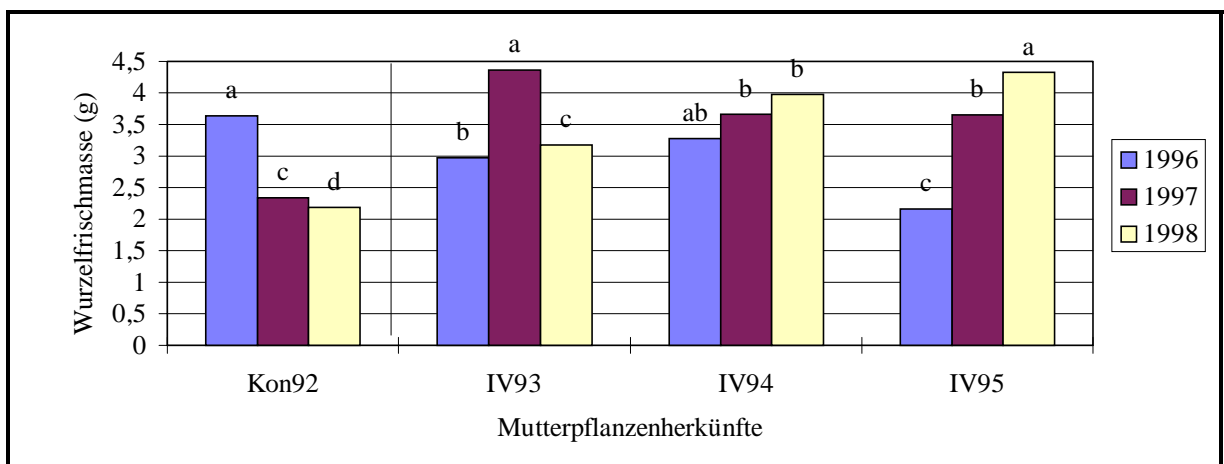


Abb.45: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Cotinus coggygia* 'Royal Purple' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

3.3.9 *Tilia cordata* 'Wega'

Die Sorte *Tilia cordata* 'Wega' bewurzelte sich sehr gut. Die Bewurzelungsrate (Abb.46) lag bei allen Varianten über 90%, bis auf die In-vitro-Jahrgänge 1993 und 1994 im zweiten Versuchsjahr (1997), wobei der Mutterpflanzenjahrgang IV93 sich signifikant von allen anderen Varianten unterschied. Das ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß im Jahr 1997 wegen eines starken Pilzbefalls an den Mutterpflanzen die Stecklinge erst zu einem drei Wochen späteren Termin als die anderen Varianten geschnitten werden konnten (s. Tab.1).

Die Wurzelanzahl war bei Stecklingen in vitro vermehrter Mutterpflanzen 1996 und 1998 in jedem Fall signifikant höher als die der konventionell vermehrten Mutterpflanzen; 1997 waren es nur die zwei jüngsten Jahrgänge, die signifikant mehr Wurzeln gebildet hatten (Abb.47).

Die Wurzelmasse (Abb.48) war 1996 bei den In-vitro-Jahrgängen 1993 und 1994 am größten, die Ergebnisse unterschieden sich von denen der konventionell vermehrten Mutterpflanzen signifikant. Die Stecklinge beider Jahrgänge hatten 1997 weniger Wurzelmasse gebildet als im Vorjahr, was an oben genannten Gründen liegen könnte. Im zweiten Versuchsjahr waren es die beiden jüngsten In-vitro-Jahrgänge (IV94 und IV95) und 1998 auch die Variante IV93, die signifikant die besten Ergebnisse (1,2-1,5g) bei der Wurzelmasse zeigten. Es unterstreicht den Trend, der bei den *Syringa-Vulgaris*-Hybriden und auch bei *Corylopsis pauciflora* festgestellt wurde, daß die Stecklinge der jungen In-vitro-Mutterpflanzen während ihrer ersten Vermehrungsjahre immer bessere Ergebnisse erbrachten. Das bedeutet, daß die Mutterpflanzen erst nachdem sie ausreichend entwickelt sind, ihr maximales Bewurzelungspotential entfalten können.

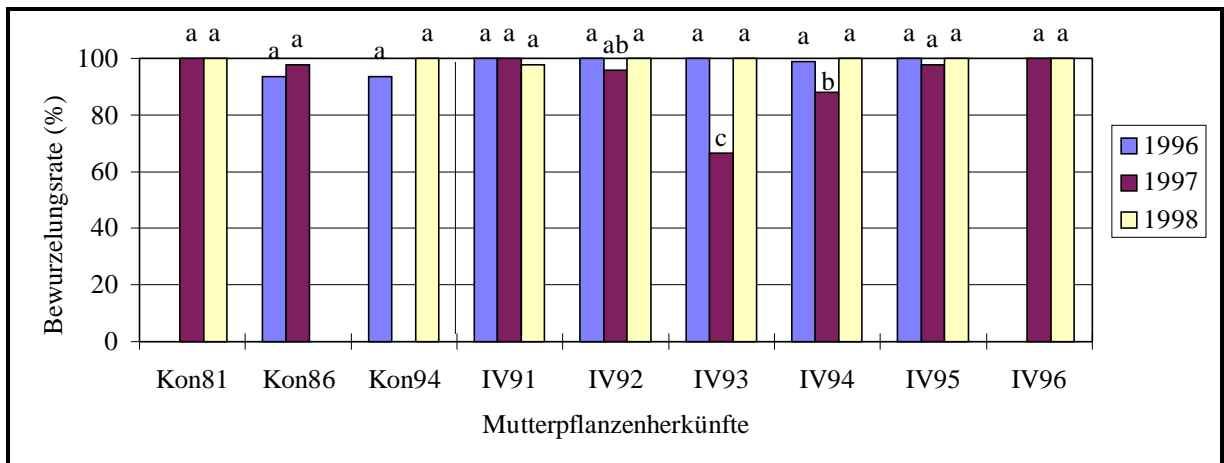


Abb.46: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

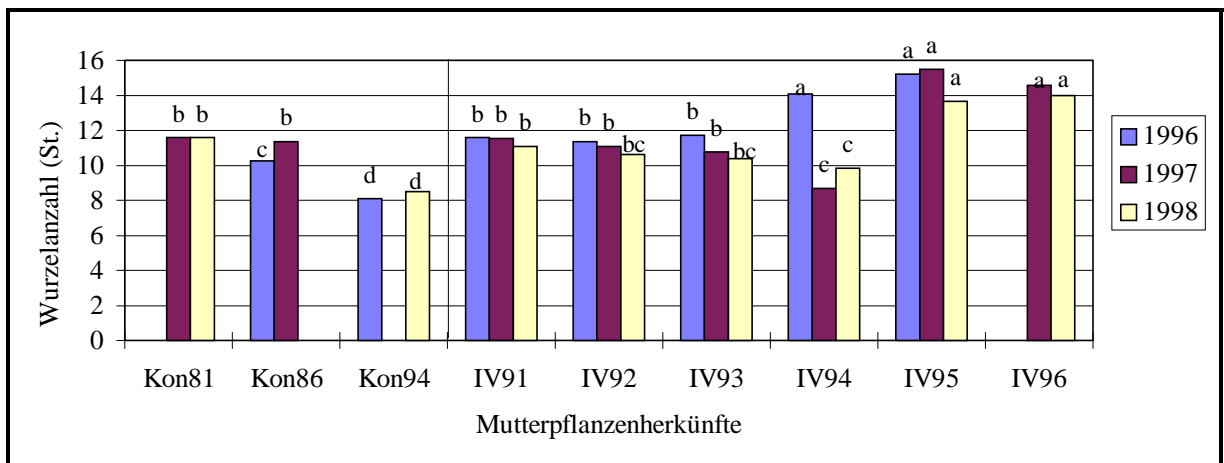


Abb.47: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

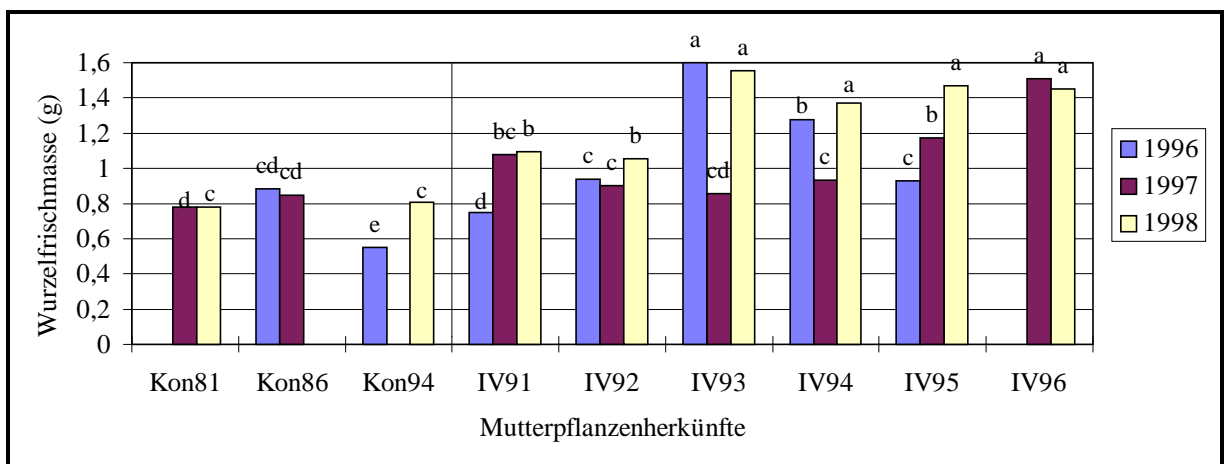


Abb.48: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

3.4 3.4. Steckholzbewurzelung

Die Bewurzelung von Steckhölzern unterschiedlicher Mutterpflanzenherkünfte bei *Prunus serrulata* 'Kanzan' und vier *Syringa-Vulgaris*-Hybriden wurden in drei Versuchsjahren untersucht. Im dritten Versuchsjahr wurden auch *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' und *Tilia cordata* 'Wega' in die Versuche miteinbezogen. Die Ergebnisse der Steckholzbewurzelung sind in Diagrammen dargestellt. Die unterschiedlichen Buchstaben über den Säulen weisen auf signifikante Unterschiede in der Bewurzelungsrate hin. Der statistische Vergleich erfolgte zwischen den Varianten eines Versuchsjahres. Die Bewurzelungsqualität wurde in drei Stufen bonitiert.

3.4.1 *Syringa-Vulgaris*-Hybriden

Bei den *Syringa-Vulgaris*-Hybriden bewurzelte die konventionelle Variante in den meisten Fällen nicht. Nur bei der Sorte 'Mme Florent Stepman' erfolgte in jedem Versuchsjahr eine schwache Bewurzelung, jedoch unter 20% (Abb.49 bis 52).

Bei den *Syringa-Vulgaris*-Hybriden 'Andenken an Ludwig Späth', 'Mme Lemoine' und 'Mme Florent Stepman' wurden neben der konventionellen Variante zwei In-Vitro-Varianten (IV94 und IV95) bewurzelt. Bei den Sorten 'Andenken an Ludwig Späth' und 'Mme Lemoine' hatte die jüngste In-vitro-Variante in jedem Versuchsjahr signifikant die höchste Bewurzelungsrate (bis zu 95%) erreicht, außerdem war auch der Anteil an stark bewurzelten Steckhölzern hier statistisch gesichert höher. Bei 'Mme Florent Stepman' traf diese Aussage nur für das erste Versuchsjahr zu, in den weiteren Jahren gab es keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den beiden In-vitro-Jahrgängen (Abb.52). Bei der Sorte 'Katherine Havemeyer' wurde ein dritter Jahrgang (IV96) mit in die Versuche einbezogen (Abb.51). Mit einer Ausnahme im dritten Versuchsjahr war auch hier die In-vitro-Variante den konventionellen überlegen. Der jüngste In-vitro-Jahrgang erreichte eine statistisch gesichert höhere Bewurzelungsrate erreicht und der älteste hatte den niedrigsten Anteil an stark bewurzelten Steckhölzern. Bei dieser Sorte und bei 'Andenken an Ludwig Späth' ist festzustellen, daß das Bewurzelungspotential während der Alterung der Mutterpflanzen sich verringert. So bewurzelten sich Steckhölzer von einem Jahr alten *Syringa vulgaris* 'Katherine Havemeyer'-Mutterpflanzen zu 75% bis 95%, und im nächsten Jahr betrug deren Bewurzelungsrate nur noch 40% bis 50%

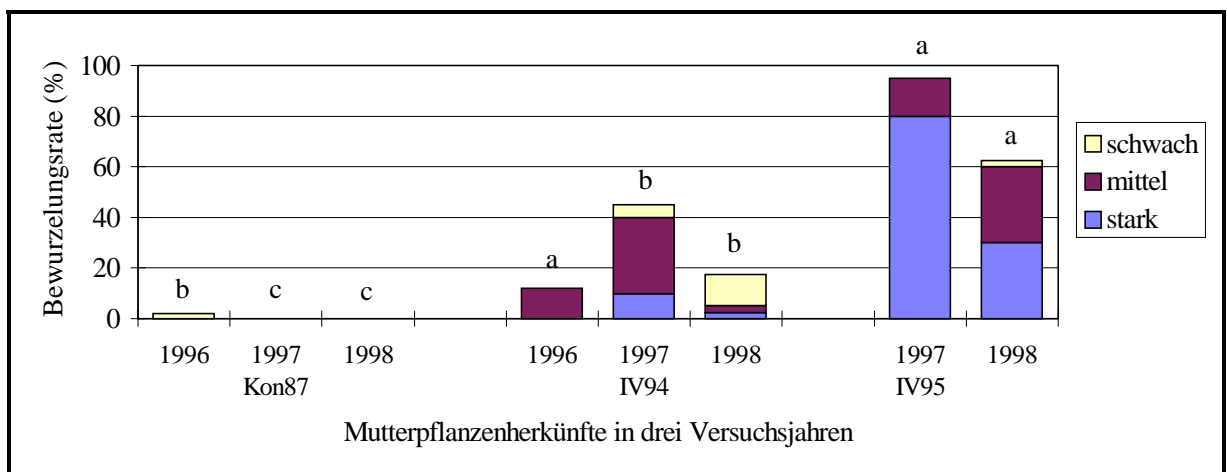


Abb.49: Bewurzelungsrate und -qualität bei *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth'-Steckhölzern in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

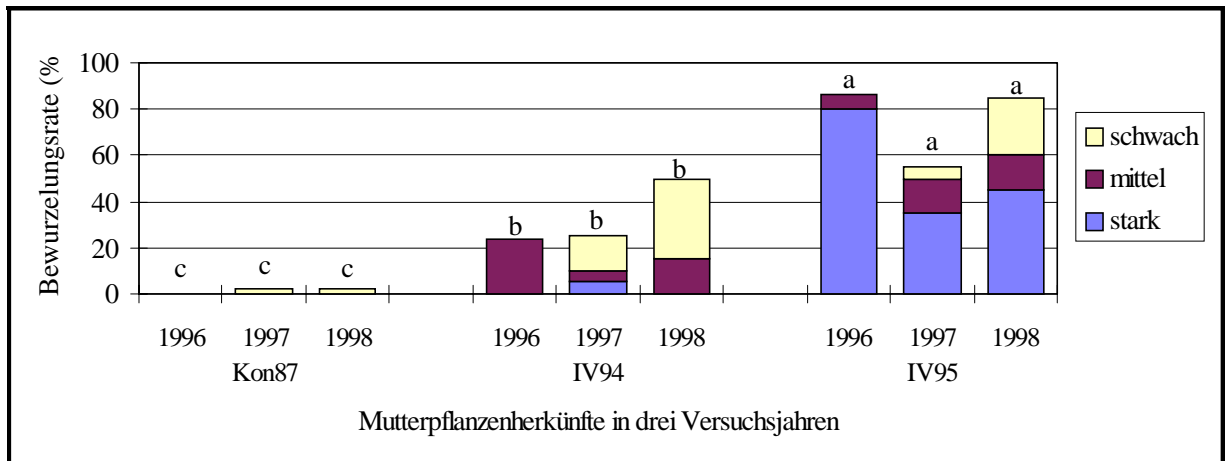


Abb.50: Bewurzelungsrate und -qualität bei *Syringa vulgaris* 'Mme Lemoine'-Steckhölzern in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

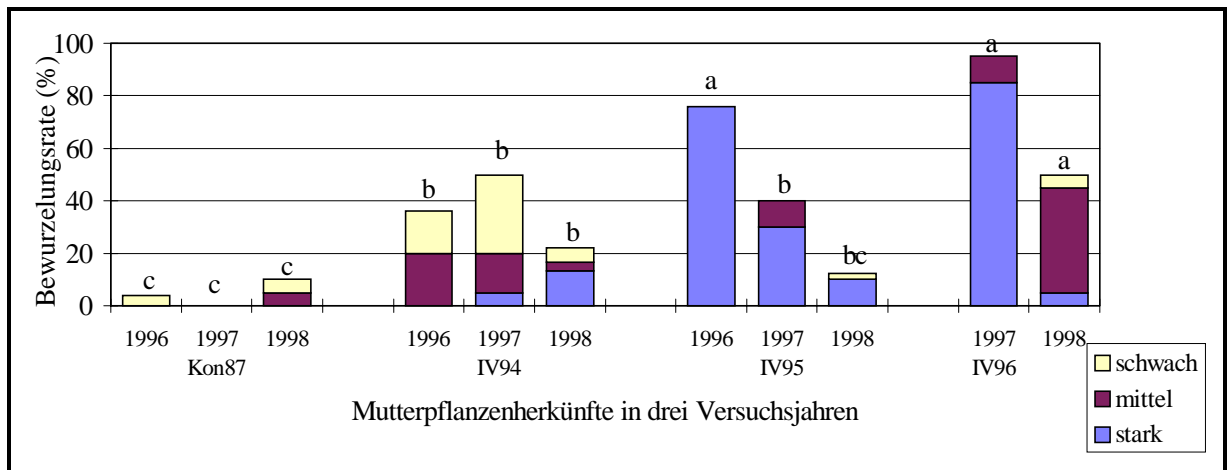


Abb.51: Bewurzelungsrate und -qualität bei *Syringa vulgaris* 'Katherine Havemeyer'-Steckhölzern in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

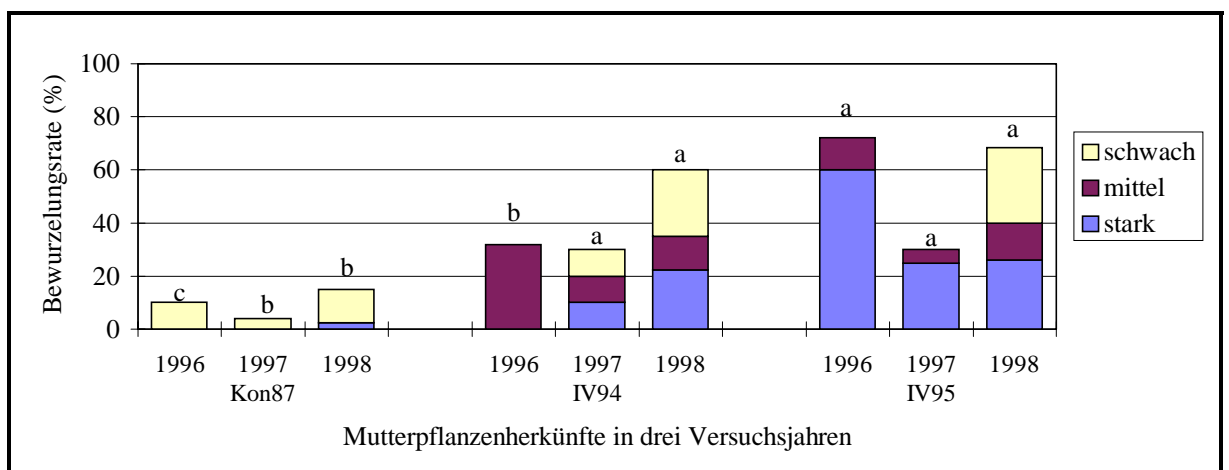


Abb.52: Bewurzelungsrate und -qualität bei *Syringa vulgaris* 'Mme Florent Stepman'-Steckhölzern in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

3.4.2 *Prunus serrulata* 'Kanzan'

Die konventionelle Variante der Sorte *Prunus serrulata* 'Kanzan' bewurzelte sich in den drei Versuchsjahren nicht. Die höchste Bewurzelungsrate erreichten in jedem Versuchsjahr die jüngsten der geprüften In-vitro-Varianten (42,5% bis 55%). Wie bei den *Syringa-Vulgaris*-Hybriden war auch hier zu beobachten, daß sich mit der Alterung der Mutterpflanzen das Bewurzelungspotential verringerte. Die Variante IV95 hatte eine niedrigere Bewurzelungsrate im zweiten und dritten Versuchsjahr erbracht. Bei der Variante IV96 war zwar zwischen den Bewurzelungsraten der beiden Versuchsjahre kein Unterschied feststellbar, aber der Anteil an stark bewurzelten Stecklingen wurde 1998 niedriger (Abb.53).

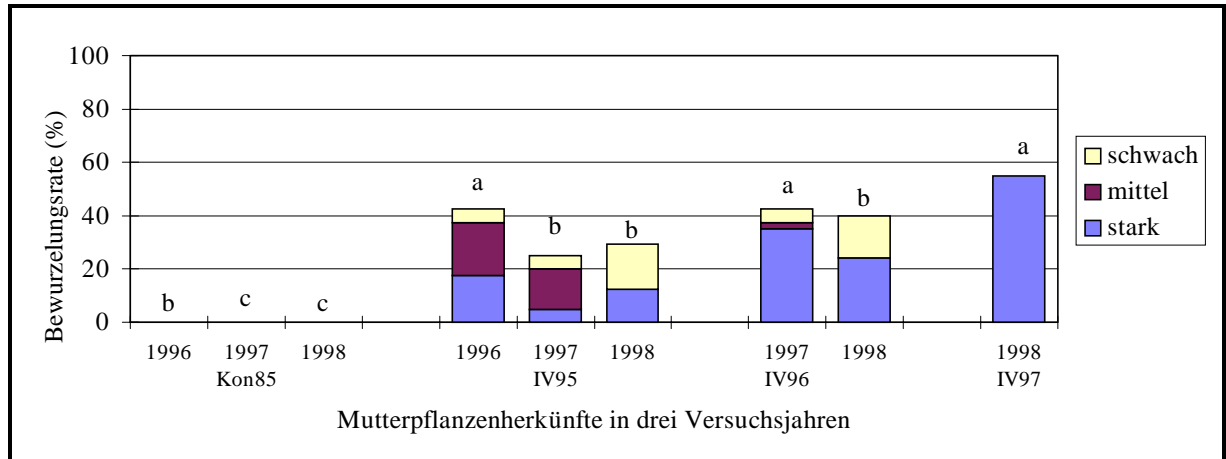


Abb.53: Bewurzelungsrate und -qualität bei *Prunus serrulata* 'Kanzan'-Steckhölzern in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

3.4.3 *Tilia cordata* 'Wega'

Bei *Tilia cordata* 'Wega' wurde die konventionelle Variante mit sieben In-vitro-Jahrgängen verglichen. Keines der Steckhölzer des konventionellen Jahrgangs hatte sich bewurzelt, und die Bewurzelungsrate der In-vitro-Varianten schwankte zwischen 2,5% und 17%. Jedoch konnte nur bei den Varianten IV93 (10%) und IV96 (17%) der Unterschied zum Jahrgang Kon94 statistisch gesichert werden. Die Bewurzelungsqualität dieser Steckhölzer war "stark" bis "mittel". Der unerwartet niedrige Bewurzelungserfolg bei der jüngsten In-vitro-Variante kann auf ungenügend entwickelte Triebe an den Mutterpflanzen zurückgeführt werden.

3.4.4 *Cotinus coggygria* 'Royal Purple'

Ähnlich wie bei *Tilia cordata* 'Wega' waren die Ergebnisse bei *Cotinus coggygria* 'Royal Purple', da die konventionelle Variante sich auch hier nicht bewurzelt hatte. Von den drei In-vitro-Varianten bewurzelte sich nur die jüngste (IV95) signifikant besser, erbrachte jedoch nur 10%, während die beiden anderen 5% (IV94) und 7,5% (IV93) erreichten. Die Bewurzelungsqualität der Varianten IV95 und IV93 war "stark", die Steckhölzer des Jahrgangs IV94 hatten sich "schwach" bewurzelt.

3.5 Überwinterungsversuche bei *Tilia cordata* 'Wega'

Bei *Tilia cordata* 'Wega' wurde mit sechs Varianten geprüft, ob es zwischen den bewurzelten Stecklingen verschiedener Mutterpflanzenherkünfte Unterschiede im Überwinterungserfolg gibt. Um ein umfassendes Bild über das Überwinterungsverhalten der Varianten zu bekommen, wurden die Untersuchungen an vier Versuchsorten (geschütztes Freiland, ungeheiztes Folienzelt, ungeheiztes Gewächshaus, Klimakammer mit Langtagbedingungen) durchgeführt. Von der jüngsten Variante (IV95) stand nur eine beschränkte Menge an Stecklingsmaterial zur Verfügung und sie konnte nicht an jedem Versuchsort geprüft werden. In der Klimakammer konnten wegen Platzmangel nur vier Varianten überwintert werden. Da die Durchtriebrate der bewurzelten Stecklinge auf den Überwinterungserfolg einen wesentlichen Einfluß hat (SPELLERBERG 1986, PLIETZSCH und HAMAR 1999), wurde sie in den drei Versuchsjahren vor der Überwinterung ermittelt (Tab.7).

Tab.7: Anteil der bewurzelten Stecklinge mit Durchtrieb vor der Überwinterung in drei Versuchsjahren, ausgewertet jeweils im Oktober.

Jahr der Vermehrung	Mutterpflanzenherkunft					
	Kon94	IV91	IV92	IV93	IV94	IV95
1996	2%	45%	71%	50%	73%	54%
1997	0%	75%	50%	25%	19%	83%
1998	14%	50%	40%	44%	35%	28%

Die Stecklinge der konventionellen Variante bildeten in jedem Versuchsjahr signifikant weniger Durchtrieb nach der Bewurzelung. Niedrig war die Durchtriebrate 1997 bei den Varianten IV93 und IV94, was auf den schlechten Mutterpflanzenzustand und den späteren Stecktermin wegen Pilzbefall zurückzuführen ist. Im dritten Versuchsjahr war der Anteil durchgetriebener Stecklinge der jüngsten In-vitro-Variante auch gering, obwohl sie sich erfolgreich bewurzelt hatten. Die Gründe dafür könnten im Ernährungszustand der Mutterpflanzen liegen.

Die Unterschiede in der Überwinterungsquote (überwinterte Stecklinge je bewurzelte Stecklinge) waren im ersten Winter (1996/97) nur bei der Überwinterung im Freiland ausgeprägt. Hier hatten die Stecklinge konventionell vermehrter Mutterpflanzen signifikant schlechter überwintert (40%), als alle In-vitro-Varianten. Bei den anderen drei Überwinterungsvarianten waren zwischen den Jahrgängen keine signifikanten Unterschiede feststellbar, der Überwinterungserfolg lag zwischen 90% und 100% (Abb.54).

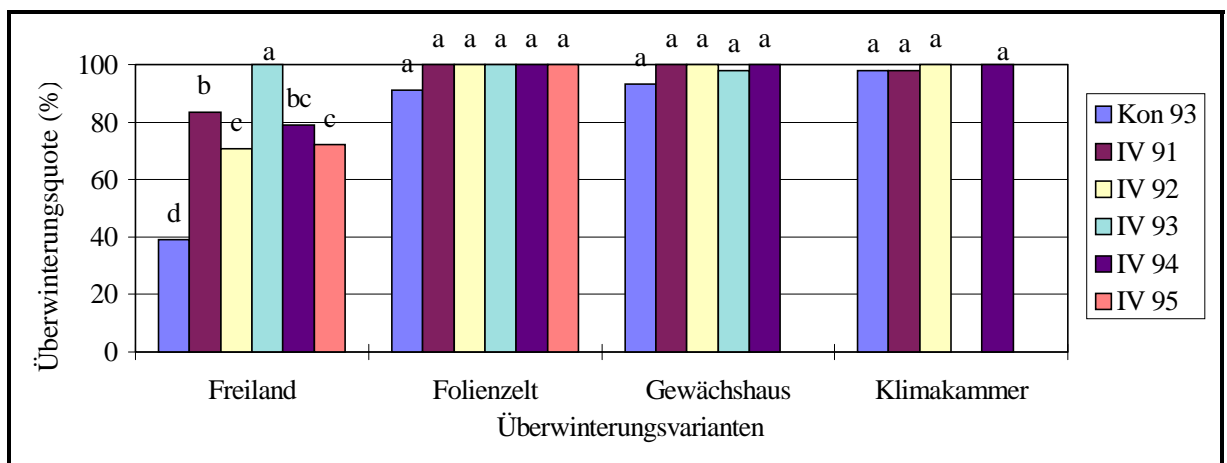


Abb. 54: Vergleich der Überwinterungsquote (überwinterte Stecklinge je bewurzelte Stecklinge) 1996/97 von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega', ausgewertet am 07.05.1997.

Nach dem Winter 1997/98 war die Überwinterungsquote bei den drei Überwinterungsvarianten (Freiland, Folienzelt, Gewächshaus) von Stecklingen konventionell vermehrter Mutterpflanzen signifikant niedriger als von Stecklingen in vitro vermehrter Mutterpflanzen (Abb.55). Zwischen den In-vitro-Varianten gab es keinen Unterschied. Ausnahmen bildeten darunter die Jahrgänge IV93 und IV94 im Gewächshaus, die signifikant schlechter überwintert hatten (80% und 84%), als die anderen In-vitro-Varianten. In der Klimakammer (unter Langtagbedingungen) überwinterten sogar die Stecklinge konventionell vermehrter Mutterpflanzen mit 100%-igem Erfolg.

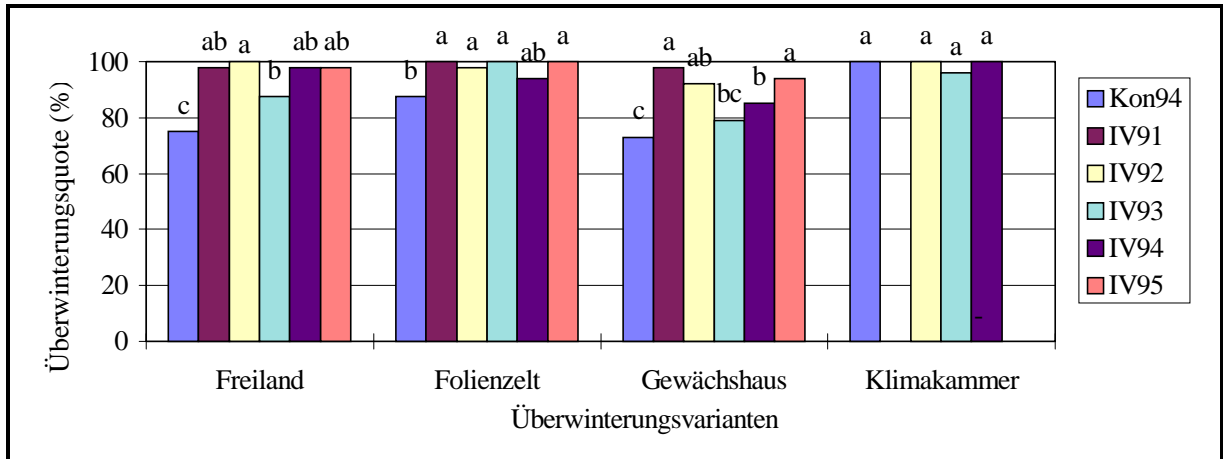


Abb.55: Vergleich der Überwinterungsquote (überwinterte Stecklinge je bewurzelte Stecklinge) 1997/98 von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega', ausgewertet am 25.05.1998.

Nach dem Winter 1998/99 waren es die konventionelle und die jüngste In-vitro-Variante (IV95), die außer in der Klimakammer in jedem Versuchsort signifikant schlechter (60% bis 82%) überwinterten als alle anderen In-vitro-Varianten. Die beiden Jahrgänge hatten nach der Bewurzelung auch die niedrigsten Durchtriebrate. In der Klimakammer erfolgte wie im Winter 1997/98 eine Überwinterung mit 100%-igem Erfolg (Abb. 56).

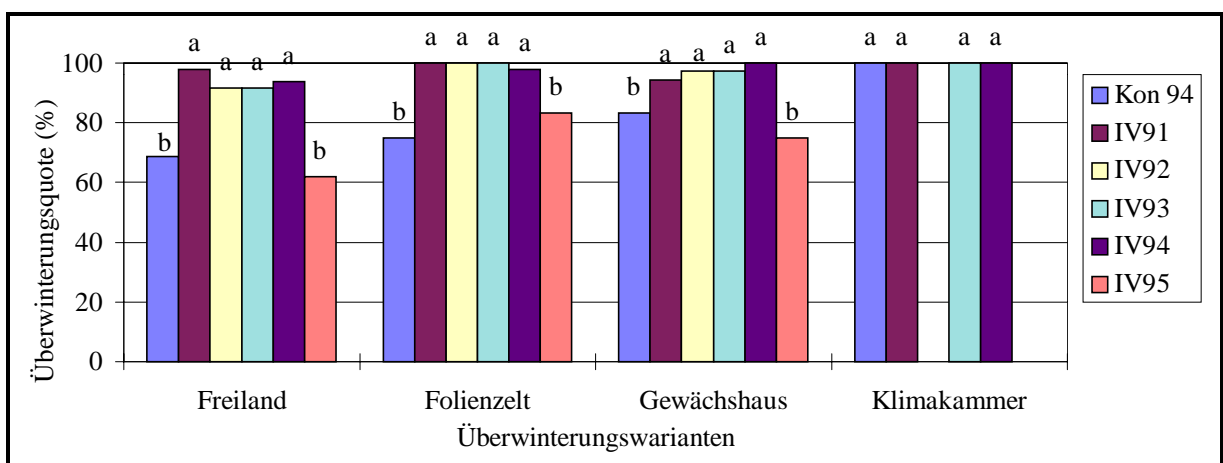


Abb.56: Vergleich der Überwinterungsquote (überwinterte Stecklinge je bewurzelte Stecklinge) 1998/99 von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega', ausgewertet am 02.05.1999.

Der Anteil der Stecklinge mit Neutrieb nach dem Winter 1996/97 war, unabhängig von dem Überwinterungsort, bei der konventionellen Variante signifikant niedriger als bei den Stecklingen in vitro vermehrter Mutterpflanzen (Tab.8).

Tab.8: Ausbeute an Stecklingen mit Neutrieb am Ende der Vegetationsperiode 1997 bezogen auf den Anteil bewurzelter Stecklinge 1996, ausgewertet 02.09.1997.

Überwin- terungsort	Mutterpflanzenherkunft					
	Kon94	IV91	IV92	IV93	IV94	IV95
Freiland	23%	76%	63%	86%	72%	50%
Folienzelt	50%	90%	80%	75%	92%	88%
Gewächshaus	38%	68%	75%	80%	95%	-
Klimakammer	52%	96%	82%	-	96%	-

Die durchschnittliche Neutrieblänge von Stecklingen konventionell vermehrter Mutterpflanzen war am Ende der Vegetationsperiode 1997 im Gewächshaus signifikant geringer als von den Stecklingen in vitro vermehrter Mutterpflanzen. Mit der Ausnahme des Jahrgangs IV95 traf dies auch für die Überwinterungsorte Folienzelt und Klimakammer zu. Die im Freiland überwinternten Stecklinge hatten insgesamt schlechtere Ergebnisse, nur die Variante IV93 hatte signifikant mehr Neutrieb gebildet als die konventionelle Variante (Abb.57).

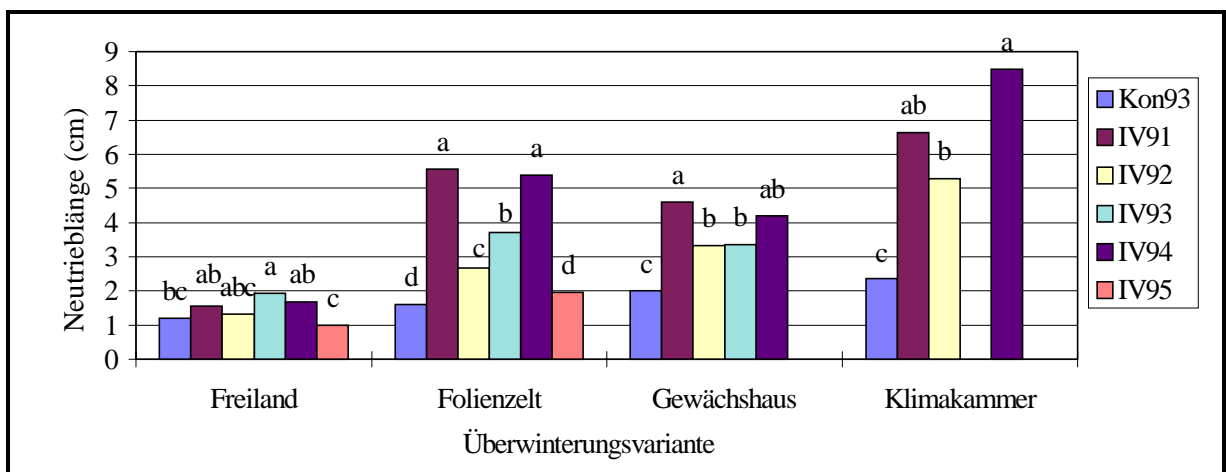


Abb.57: Vergleich des Neutriebes nach der Überwinterung (1996/97) von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega'. Überwintert in Multitopfpaletten, ausgewertet am 02.09.1997.

Der Anteil an Stecklingen mit Neutrieb war 1998 nach der Überwinterung an drei Überwinterungsorten (Freiland, Folienzelt, Gewächshaus) bei der konventionellen Variante signifikant niedriger, als bei den Stecklingen in vitro vermehrter Mutterpflanzen (Tab.9). In der Klimakammer überwinternte bewurzelte Stecklinge von konventionell vermehrten Mutterpflanzen hatten zum Großteil Neutriebe gebildet. Der Anteil an Stecklingen mit Neutrieb war hier nur bei dem Jahrgang IV92 signifikant größer als bei den

anderen Varianten. Die Neutriebraten bei den Varianten IV93 und IV94 waren nach der Überwinterung im Freiland und im Gewächshaus niedriger als bei den anderen In-vitro-Varianten. Dies kann ebenso, wie der schlechtere Bewurzelungserfolg und die anschließende Durchtriebbildung, auf den schlechten Mutterpflanzenzustand und den späteren Stecktermin wegen Pilzbefall zurückgeführt werden.

Tab.9: Ausbeute an Stecklingen mit Neutrieb am Ende der Vegetationsperiode 1998 bezogen auf den Anteil bewurzelter Stecklinge 1997, ausgewertet am 22.09.1998.

Überwin- terungsort	Mutterpflanzenherkunft					
	Kon94	IV91	IV92	IV93	IV94	IV95
Freiland	34%	78%	90%	66%	56%	88%
Folienzelt	40%	96%	82%	80%	78%	98%
Gewächshaus	56%	88%	86%	58%	68%	96%
Klimakammer	64%	76%	90%	74%	-	-

1998 hatten die Pflanzen generell mehr Neutrieb gebildet als im vorigen Jahr. Die Unterschiede waren wieder nach Freiland-Überwinterung die ausgeprägtesten. Hier hatten die beiden jüngsten In-vitro-Varianten signifikant den größten durchschnittlichen Neutrieb vorzuweisen (17-18cm). Das Ergebnis des konventionellen Jahrgangs war statistisch gesichert das niedrigste. Daß die konventionelle Variante den In-vitro-Jahrgängen unterlegen war, galt auch für die anderen Überwinterungsorte, mit Ausnahme der Variante IV92 im Folienzelt und in der Klimakammer. Hier wurde dem konventionellen Jahrgang gegenüber kein signifikanter Unterschied festgestellt (Abb.58).

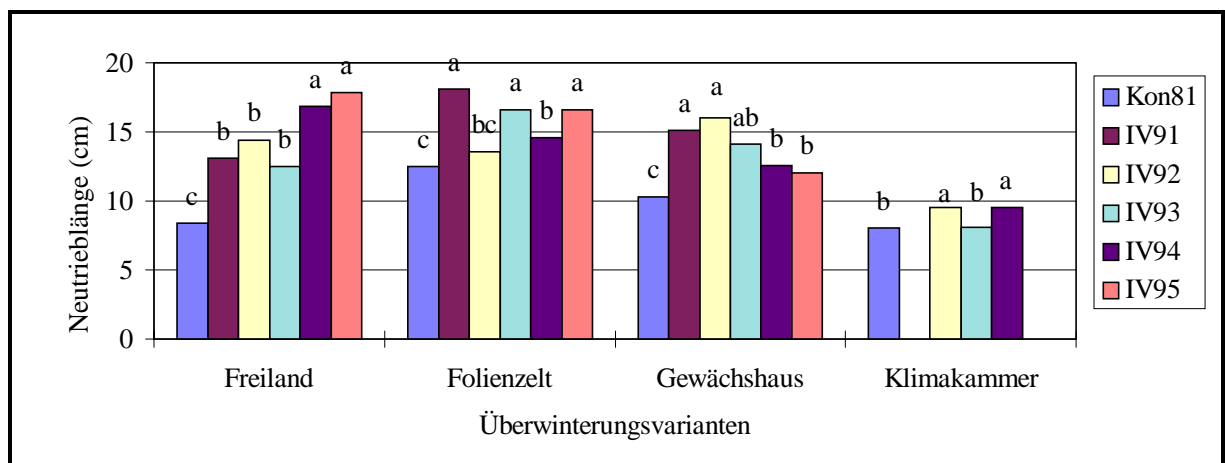


Abb.58: Vergleich des Neutriebes nach der Überwinterung (1997/98) von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega'. Überwintert in 10-er Töpfen, ausgewertet am 22.09.1998.

4 Diskussion

4.1 Histologie

4.1.1 Entstehungsort der Adventivwurzeln

Adventivwurzeln können an Stecklingen durch Austreiben präformierter Wurzelinitialen (u. a. *Salix*, *Populus*, *Ribes*) gebildet werden oder müssen aus speziellen, wieder meristematisch gewordenen Gruppen von Parenchymzellen neu induziert werden (HARTMANN et al. 1990, LYR et al. 1992). Die Adventivwurzelbildung kann bei den einzelnen Pflanzenarten von verschiedenen Geweben ausgehen. Am häufigsten entstehen die Wurzelinitialen im Kambium, im jungen sekundären Phloemgewebe und in den Markstrahlen (HARTMANN et al. 1990). Nach ESAU (1969) findet die Adventivwurzelbildung gewöhnlich in der Nähe des sich differenzierenden Gefäßsystems statt. So wird die Errichtung einer Leitgewebeverbindung zwischen Wurzel und Steckling erleichtert. Nach der Bildung der Wurzelinitialen können auch weitere umliegende Gewebe in die Wurzelbildung mit einbezogen werden.

Bei den in die eigenen Versuche mit einbezogenen Gehölzen konnten keine vorgeformten Initialen oder Primordien gefunden werden. In den Untersuchungen mit *Corylopsis pauciflora* wurde festgestellt, daß die Wurzelprimordien entweder unmittelbar aus dem Kambium gebildet worden waren, oder, daß vom Kambium ein Phloem angelegt wurde und darin Parenchymzellen zu Wurzelinitialen ausdifferenzierten (Abb.2). Bei *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' war der Bildungsort der Adventivwurzeln auch das Kambium (Abb.7). Die Wurzelbildung bei den beiden Genotypen erfolgte basal und lateral. In den Stecklingsbasen von *Prunus kurilensis* 'Brillant' (Abb.9) waren die Wurzelprimordien vermutlich aus den innersten parenchymatischen Zellen entstanden (WIEDENROTH 1999). Die Wurzeln traten an der Stecklingsbasis aus. Weitere Untersuchungen am Fachgebiet Vermehrungstechnologie /Baumschulwesen an *Prunus kurilensis* 'Brillant' zeigten, daß die Wurzelinitiation in Kambiumnähe, im Bereich neugebildeter Phloemzellen beginnt.

Bei allen untersuchten Genotypen war eine mehr oder weniger ausgeprägte Kallusbildung während der Bewurzelung vorhanden. Das Kallusgewebe bildet sich als Reaktion auf die Verwundung und besteht aus ungeordneten Haufen großvolumiger Zellen. Wie die Untersuchungen von SKOLIDIS et al. (1990b) mit Pflaumen-Steckholz zeigten, können Wurzelinitialen auch im Kallus angelegt werden. Sie vermuten, daß vom Verholungsgrad des Gewebes und der damit verbundenen Prädisposition die zelluläre Differenzierung abhängt, ob die Regeneration direkt oder indirekt über eine vorherige Kallusentwicklung erfolgt. Die Kallus- und Wurzelentwicklung kann auch unabhängig voneinander ablaufen (HARTMANN et al. 1990). Eine starke Kallusentwicklung muß nicht in direktem Bezug zur Wurzelbildung stehen, sondern kann durch den erhöhten Verbrauch der Kohlenhydratreserven sogar eine negative Auswirkung auf diese haben (SKOLIDIS et al. 1990b).

Nach Beobachtungen von BEAKBANE (1969) u.a. an *Malus* können die lignifizierten Zellwände des sklerenchymatischen Gewebes als eine mechanische Barriere wirken und dadurch die Bildung von Adventivwurzeln beeinflussen. Ganz im Gegensatz dazu schließen SKOLIDIS et al. (1990a) einen direkten Einfluß des Sklerenchymfaseranteils auf die Wurzelbildung bei *Prunus* aus. Sie erklären, daß eine solche Barriere nur bei einer Wurzelinitialbildung weit oberhalb der Stecklingsbasis und bei seitlichem Wurzelauswuchs über die Rinde von Bedeutung wäre.

In den eigenen Untersuchungen wurden bei *Prunus tenella* 'Fire Hill' stark entwickelte axillare Sklerenchymstränge beobachtet, die in einem konzentrischen Ring dicht aneinander angeordnet sitzen (Abb.11). Ganz ähnliche Strukturen beschrieb TROLL (1973) im Querschnitt eines sekundär verdickten Sprosses von *Linum usitatissimum* L. Da bei keiner der untersuchten *Prunus tenella* 'Fire Hill'-Proben eine Wurzelinitialbildung beobachtet werden konnte, kann die schlechte Bewurzelungsfähigkeit dieses Genotypes nicht mit dem Vorhandensein des Sklerenchymringes in Verbindung gebracht werden.

4.1.2 Zeitlicher Ablauf der Adventivwurzelbildung

Die Adventivwurzelbildung der Stecklinge kann nach HARTMANN et al. (1990) in drei Abschnitte unterteilt werden:

1. Zelluläre Differenzierung mit anschließender Wurzelinitialenbildung.
2. Differenzierung von Wurzelprimordien, in denen sich ein neues Gefäßsystem entwickelt.

3. Anschluß der neuen Gefäße an die Leitbündel des Stecklings, Ausbildung der Wurzelhaube, Wachstum und Austritt der neuen Wurzel.

Es ist art- und sortenspezifisch, wie lange die Gehölze zur Regeneration benötigen. SPETHMANN (1986) beschränkt den Zeitraum, während dem die Adventivwurzelbildung stattfindet, bei verschiedenen Laubgehölzen (*Betula*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Prunus*, *Sorbus*, *Quercus*, *Tilia*) auf zwei bis vier Wochen nach dem Stecken. Bei der Steckholzvermehrung von Pflaumen berichten SKOLIDIS et al. (1990b), daß die Bewurzelung bei Unterlagen wesentlich schneller verlief als bei den untersuchten Sorten. MATSCHKE und LODDER (1994) konnten bei Reisern vorkonditionierter Mutterpflanzen von *Prunus cerasus* L. die ersten Wurzelprimordien bereits 10 bis 14 Tage nach dem Stecken mikroskopisch erkennen. HÜBL et al. (1984) fanden die ersten sichtbaren Veränderungen bei *Prunus*-Stecklingen nach ca. 2 Wochen. Zu diesem Zeitpunkt waren Zellteilungen im Kambiumbereich deutlich erkennbar. Nach etwa drei Wochen wurden Primordien beobachtet und an einem vier Wochen alten Steckling hatte die junge Adventivwurzel schon die Rinde durchstoßen. Der Übergang vom Primordium zur vollständig entwickelten Wurzel wird innerhalb kurzer Zeit vollgezogen.

Die Beschreibung der Wurzelinitialen und der daraus entstehenden Wurzelprimordien von anderen Autoren stimmt mit den eigenen Beobachtungen überein. Die Dauer der Entwicklung ist aber bei den verschiedenen Genotypen sehr unterschiedlich. In den Querschnitten von *Corylopsis pauciflora*- und *Cotinus coggygria* 'Royal Purple'-Stecklingsbasen in vitro vermehrter Mutterpflanzen wurden bereits 14 Tage nach dem Stecken Wurzelprimordien im Jungstadium gefunden (Abb.2). Erst zu einem ein bis zwei Wochen späteren Termin wurden im Stecklingsgewebe konventionell vermehrter Mutterpflanzen die ersten Zellteilungen beobachtet (Abb.5). 21 Tage nach dem Stecktermin befanden sich bei den In-vitro-Varianten dieser Sorten einige Primordien in dem Stadium des Auswachsens (Abb.4), bei *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' waren sogar makroskopisch sichtbare Wurzeln vorhanden (Abb.7). Die Wurzeln wuchsen durch das stark entwickelte Kallusgewebe hindurch. Innerhalb der Wurzeln waren Gefäßstränge zu erkennen (Abb.7). Am 28. Bewurzelungstag wurden auch bei *Corylopsis pauciflora* vollentwickelte Wurzeln mit einer guten Gefäßanbindung zum vasculären Gewebe dokumentiert (Abb.6). Bei *Prunus kurilensis* 'Brillant' konnten in den eigenen Untersuchungen erst am 21. Bewurzelungstag in den Stecklingsbasisquerschnitten bei der In-vitro-Variante Wurzelprimordien dokumentiert werden (Abb.9). Eine gut entwickelte Gefäßanbindung zum Xylem war vorhanden (Abb.9 und 10). Bei der konventionellen Variante konnte bis zu diesem Zeitpunkt keine Bildung von Wurzelinitialen dokumentiert werden. Das gleiche gilt für beide Varianten von *Prunus tenella* 'Fire Hill' (Abb.11). Hier ist es diskutabel, ob das Vorhandensein des stark entwickelten Sklerenchymringes eine negative Wirkung auf die Adventivwurzelbildung ausgeübt hat. Vielmehr sollte das schlechte Bewurzelungspotential dieser Sorte in anderen Gründen gesucht werden (fehlende Juvenilität aufgrund unzureichender Anzahl der Subkulturen in vitro, Mutterpflanzenzustand, Stecktermin).

4.1.3 Histologischer Vergleich juveniler und adulter Triebe

Aus den eigenen Versuchen geht hervor, daß bei Stecklingen von juvenilem Pflanzenmaterial eine schnellere Regeneration erfolgte. Deren bessere Bewurzelungsergebnisse stimmen mit diesem Sachverhalt überein. In den Untersuchungen war zwischen adulten und juvenilen Trieben kein Unterschied im histologischen Aufbau zu erkennen. Einige Autoren haben sich mit diesem Thema beschäftigt. POSTWEILER et al. (1989) berichten, daß juvenile Triebe einen höheren Holz- und niedrigeren Rindenanteil haben als adulte Triebe. Als juveniles Charakteristikum beschrieben sie außerdem das Vorhandensein von mehr und längeren Holzfasern.

Aus den Studien von FOU DA (1996) geht hervor, daß juvenile Triebe von *x Cupressocyparis leylandii* eine erweiterte Kambialzone, eine erhöhte Kambiumaktivität und eine niedrigere Lignifikationsstufe haben, welche die Ursachen für das erhöhte Bewurzelungspotential sind.

SCHMIDT (1986) erreichte bei *Tilia tomentosa* Moench. durch Etiolierung einen Verjüngungseffekt. Die etiolierten Triebe wurden durch eine besser entwickelte Rinde, einen niedrigeren Bastanteil, eine niedrigere Sklerifikationsstufe, breitere Tracheen und größere Phloem- und Xylemstrahlenanzahl gegenüber den nicht etiolierten Kontrollpflanzen charakterisiert. Bezüglich der besseren Bewurzelungsfähigkeit der juvenilen Triebe betrachtete er das Vorhandensein von erweiterten Xylem- und Markstrahlen als den wichtigsten Aspekt. Auch SKOLIDIS et al. (1990a) fanden eine gehemmte Bastfaserausbildung und eine deutlich verringerte Lignifizierung dieser Fasern bei etiolierten Trieben von *Prunus cerasifera* Ehrh. SCHMIDT und FOU DA (1994) berichten über entsprechende

Beobachtungen an juvenilen und adulten *Quercus robur* L.

4.2 Peroxidase-Untersuchungen

Mit der Frage, ob ein Marker zur Beurteilung der Fähigkeit zur Adventivwurzelbildung verschiedener Gehölze existiert, beschäftigten sich viele Autoren. BEAKBANE (1969) und SCHMIDT (1986) untersuchten morphologische und anatomische Eigenschaften, wie Verholungsgrad oder Vorhandensein von Sklerenchymzellen in Trieben. Da die Adventivwurzelbildung ein energieintensiver Prozeß ist, spielen im Steckling die Kohlenhydratreserven und der Stickstoffgehalt für die Proteinsynthese eine wesentliche Rolle. Jedoch konnte keine eindeutige Aussage getroffen werden, ob der Gehalt an löslichem Zucker bzw. Stärke oder ein höheres C/N-Verhältnis im Steckling ein sicheres Merkmal der Bewurzelungsfähigkeit wäre (ALI und WESTWOOD 1968, HARTMANN et al. 1990).

Die Auxinkonzentration und das Auxin-Cytokinin-Verhältnis im Sproß wurden ebenfalls untersucht, um daraus Schlußfolgerungen bezüglich des Bewurzelungspotentials der Pflanzen zu ziehen (FOONG und BARNES 1981, JARVIS und SHAHEED 1986). Festgestellt wurde, daß die Auxin- und Cytokininkonzentrationen im Sproßgewebe nicht als Marker zur Vorhersage der Bewurzelungsfähigkeit geeignet sind. Da im Gewebe eines Stecklings die Phytohormone deutliche Verteilungsunterschiede haben, vermutet ROSS (1998), daß es notwendig wäre, die Messungen in Einzelzellen fortzusetzen.

Als weitere mögliche biochemische Marker wurden die Polyphenol-Oxidasen-Gehalte geprüft. Die pflanzlichen Peroxidasen (IAA-Oxidasen) sind Enzyme, die das endogene Auxin abbauen und seine Aktivität beeinflussen. BOJARCZUK (1978,1979) untersuchte bei schwer- und leichtbewurzelnden *Syringa*-Sorten das Auftreten von zwei Phenolgruppen, die synergistisch bzw. antagonistisch mit Auxin wirken können. Es wurde festgestellt, daß Stecklinge leichtbewurzelnder Sorten höhere Gehalte an Ortho-dihydroxyphenolen aufweisen, währenddessen die schwerbewurzelbaren durch einen höheren Monohydroxyphenolgehalt gekennzeichnet waren. An zahlreichen weiteren Genotypen wurde die mögliche Verknüpfung der Peroxidase-Aktivität mit der Adventivwurzelbildung geprüft, so an *Elaeis guineensis* Jacq. (RIVAL et al. 19997), an *Malus* (DRUART et al. 1982, DE KLERK et al. 1990), an *Populus* (PYTHOUD und BUCHALA 1989), an *Prunus* (DALET und CORNU 1989) an *Rhododendron* (AGHMIR et al. 1991), an *Sequoiadendron* (BERTHON et al. 1989) und an *Syringa* (PATIENCE und ALDERSON 1987).

Da zwischen der Peroxidase-Aktivität und der IAA-Oxidase-Aktivität ein Zusammenhang vermutet wird, wurde in den eigenen Versuchen wegen deren einfacherer Bestimmung die Peroxidase-Aktivität ermittelt. Untersucht wurde, ob Stecklinge aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften eines Genotyps während der Adventivwurzelbildung eine veränderte Peroxidase-Aktivität aufweisen. Die Messungen der Peroxidase-Aktivität wurden an den beiden Flieder-Sorten 'Andenken an Ludwig Späth' und 'Mme Florent Stepman' sowie *Corylopsis pauciflora* in zwei Versuchsjahren und *Cotinus coggygria* 'Royal Purple', *Prunus tenella* 'Fire Hill' und *Prunus kurilensis* 'Brillant' in einem Versuchsjahr parallel zu den Stecklingsbewurzelungen durchgeführt. Verglichen wurden miteinander die Maxima (peaks) sowie der Anstieg und der Abfall der Aktivitätskurve. Die Annahme, daß ein höheres Niveau der Peroxidase-Aktivität mit größerer Bewurzelungswilligkeit verbunden ist (GASPAR et al. 1992), konnte nur bei *Syringa vulgaris* 'Mme Florent Stepman' (Abb.13 und 14), *Prunus kurilensis* 'Brillant' (Abb.20) und *Corylopsis pauciflora* (Abb.17 und 18) bestätigt werden. Hier korrelierten die Resultate der Peroxidase-Aktivität mit den Ergebnissen der Bewurzelungsrate. Bei *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' (Abb.15 und 16) und *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' (Abb.19) konnte kein Zusammenhang zwischen der Peroxidase-Aktivität und der Bewurzelungsleistung festgestellt werden. *Prunus tenella* 'Fire Hill', insbesondere deren konventionelle Variante, hatte gegenüber den anderen in die Untersuchung mit einbezogenen Genotypen, eine sehr niedrige Peroxidase-Aktivität (Abb.20). Die sehr schlechten Bewurzelungsergebnisse lassen einen Zusammenhang vermuten, denn eine der Arbeitshypothesen lautete: Leicht bewurzelnde Gehölze verfügen über eine höhere Peroxidase-Aktivität im Steckling während der Adventivwurzelbildung (GASPAR et al. 1992).

Unterstützt durch die histologischen Studien wurde versucht, Rückschlüsse über den Ablauf der Peroxidase-Aktivität in Beziehung zum Ablauf der Adventivwurzelbildung zu ziehen. In der ersten Phase der Adventivwurzelbildung, während der Remeristematisierung, ist ein deutlicher Anstieg des Auxingehaltes im Pflanzengewebe zu erkennen. In der zweiten, der Determinationsphase, besitzt das Gewebe einen viel niedrigeren Auxingehalt und die Peroxidase-Aktivität erreicht ihr Maximum. In diesem Zeitraum werden einzelne Zellen zu strukturierten Zellhaufen differenziert und mikroskopisch sichtbare Wurzelprimordien werden gebildet. Anschließend wird in der dritten Phase die Peroxidase-

Aktivität niedriger, dementsprechend steigt der Auxingehalt etwas höher als die Ausgangskonzentration. Währenddessen erfolgt der Anschluß der Wurzel an das Gefäßsystem des Stecklings und die Wurzel durchbricht die Epidermis (GASPAR et al. 1992 und eigene Untersuchungen).

Bei *Corylopsis pauciflora* stimmen die Beobachtungen der histologischen Untersuchungen und die Peroxidase-Aktivitäts-Messungen überein. 1998 wurden nach 21 Tagen bei beiden Varianten Wurzelprimordien gefunden und gleichzeitig die Maxima ermittelt (Abb.4 und 18). Nach vier Wochen wurden vollentwickelte Wurzeln mit Gefäßanbindung dokumentiert, währenddessen das Niveau der Peroxidase-Aktivität gesunken war (Abb.6 und 18). Das Maximum war bei *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' am 14. Tag bei der konventionellen Variante höher als bei der In-vitro-Variante (Abb.19), es wurden jedoch zu diesem Zeitpunkt nur bei den Stecklingen der in vitro vermehrten Mutterpflanzen Wurzelprimordien gefunden. Bemerkenswert ist, daß das Maximum dieser Variante relativ niedrig war. Sie erreichte schließlich $1,166 \Delta A \times \text{min}^{-1} / \text{mg FM}$, was jedoch im Vergleich zu den anderen untersuchten Genotypen als ein hohes Aktivitätsniveau gilt. Offensichtlich gibt es für Schwellenwerte bezüglich einer optimalen Peroxidase-Aktivität keine allgemein gültigen Hinweise in der Literatur. Drei Wochen nach dem Stecktermin wurden auch im Stecklingsgewebe der konventionellen Variante Primordien gefunden. Zu diesem Zeitpunkt hatten einige Stecklinge in vitro vermehrter Mutterpflanzen makroskopisch sichtbare Wurzeln im Stadium des Auswachsens gebildet (Abb.7). Bei *Prunus tenella* 'Fire Hill' und *Prunus kurilensis* 'Brillant' konnte kein Maximum festgestellt werden, da die Kurven am letzten Prüftag noch einen Aufwärtstrend zeigten (Abb.20).

Wie eigene Untersuchungen und die anderer Autoren zeigen, besteht in vielen Fällen keine Korrelation zwischen der Peroxidase-Aktivität und den Bewurzelungsergebnissen. So kann die Peroxidase-Aktivität nicht als allgemeiner Marker dienen, um Gehölze mit unterschiedlichem Bewurzelungspotential voneinander zu unterscheiden. Außerdem werden Peroxidasen in der Pflanze in verschiedenen Formen gefunden, und beteiligen sich an vielen Prozessen. Dadurch ist es schwierig, die spezifische Rolle der Peroxidase-Aktivität bei der Adventivwurzelbildung von den anderen Wirkungen zu trennen (HAND 1994, PLIETZSCH 1999b).

STEFANOVITSNĚ (1999) empfiehlt in der ersten Woche eine tägliche Probenentnahme, da sich die Pflanzen nach einer Woche in der Regenerationsphase befinden. Die Untersuchungen anderer Autoren erfolgten meistens mit einem täglichen Abstand, und außerdem waren die Versuchsobjekte Mikrostecklinge aus der In-vitro-Vermehrung, bei denen der Bewurzelungsprozeß wesentlich schneller abläuft (GONCALVES 1998 u.a.). In den eigenen Versuchen wurden Stecklinge von Freilandmutterpflanzen untersucht. Hier kann die Remeristematisierungsphase mehrere Tage dauern, und wie die eigenen histologischen Untersuchungen zeigen, konnte kein Primordium vor dem 14. Tag gefunden werden. Es wäre jedoch sinnvoll, in der Zukunft die Entnahme der Proben zur Bestimmung der Peroxidase-Aktivität in geringeren Zeitabständen zu realisieren. Da einzelne Individuen eines Genotyps deutliche Abweichungen im Phytohormon- und Enzymgehalt aufweisen können (ROSS 1998), sollte statt der relativ kleinen Mischproben jeweils aus fünf Stecklingsbasen eine Untersuchung von Einzelproben mit anschließender Mittelwertbildung erfolgen, um eventuelle Ausreißer erkennen zu können.

4.3 Vergleich der Adventivwurzelbildung von Stecklingen innerhalb eines Genotyps und zwischen den Genotypen.

4.3.1 Einfluß der Mutterpflanzenjuvenilität auf die Stecklingsvermehrung

Der Juvenilitätsstatus von Gehölzen spielt eine wesentliche Rolle für den Bewurzelungserfolg (HACKETT 1985, HARTMANN 1984b, MEIER-DINKEL und KLEINSCHMIT 1990). Dieser kann neben dem Pflanzenalter durch Verjüngungsmaßnahmen (z.B. Rückschnitt) oder durch die Vermehrungsart der Mutterpflanze beeinflusst werden. PORLINGIS und THERIOS (1976) konnten in ihren Versuchen mit *Olea europea* nachweisen, daß Stecklinge juveniler Mutterpflanzen sich zu einem höheren Prozentsatz bewurzeln als adultes Stecklingsmaterial. Entsprechende Ergebnisse erhielten BLAKESLEY et al. (1992) in ihren Versuchen mit Stecklingen von unterschiedlich alten *Cotinus coggygia* 'Royal Purple'-Klonen.

Versuche mit *Syringa-Vulgaris*-Hybriden von SCHULZE (1991) und WALDENMAIER (1991) zeigten, daß das chronologische Pflanzenalter gegenüber anderen Faktoren (z.B. Vermehrungsart und physiologisches Alter der Mutterpflanzen) von untergeordneter Bedeutung ist.

Die eigenen Ergebnisse bestätigen diese Behauptung. Stecklinge älterer in vitro vermehrter *Syringa*-Mutterpflanzen bewurzelten zu einem höherem Prozentsatz als die von jüngeren, konventionell vermehrten Mutterpflanzen (Tab.11). Mit wenigen Ausnahmen war die In-vitro-Variante auch durch signifikant bessere Bewurzelungsqualität gekennzeichnet. Bei *Prunus kurilensis* 'Brillant' hatte ebenfalls ein starker jährlicher Mutterpflanzenrückschnitt eine "Rejuvenilisierung" hervorgerufen, so daß die Stecklinge von elfjährigen konventionellen Mutterpflanzen sich auf dem Niveau von denen junger In-vitro-Mutterpflanzen bewurzeln konnten (Abb.31-33).

Durch die In-vitro-Vermehrung ist es möglich, juveniles Pflanzenmaterial zu erhalten (FRANCLET 1991, HACKETT 1988, HOWARD et al. 1988, PIERIK 1988, PREIL 1997, VERMEER et al. 1991). Versuche von HOWARD und MARKS (1988) mit *Prunus insititia* 'Pixy' und *Rhododendron* 'Hoppy' bestätigten das höhere Bewurzelungspotential von Stecklingen in vitro vermehrter Mutterpflanzen. Auch WALDENMAIER (1991) konnte bei der Stecklingsvermehrung von *Syringa-Vulgaris*-Hybriden die höchsten Bewurzelungsraten mit Stecklingen von In-vitro-Mutterpflanzen erzielen. PLIETZSCH und HEILIGER (1997) stellten in ihrer Untersuchung mit Zierkirschen fest, daß die besseren Bewurzelungseigenschaften juveniler Pflanzen selbst nach einer Lagerung der unbewurzelten Stecklinge erhalten bleiben.

In der Tabelle 11 wird dargestellt, wie häufig in den eigenen Versuchen die Bewurzelungsparameter der In-vitro-Variante den konventionellen gegenüber signifikant überlegen, gleich, oder signifikant unterlegen waren.

Der Großteil der untersuchten Genotypen kann unter heutigen Vermehrungsbedingungen (Fog-System) problemlos durch Stecklinge vermehrt werden. Dies unterstützt die Tatsache, daß bei den meisten Arten und Sorten in vielen Fällen kein signifikanter Unterschied in der Bewurzelungsrate von Stecklingen verschiedener Mutterpflanzenherkünfte festgestellt werden konnte (Tab.11). Typische Beispiele dafür sind Sorten wie *Cotinus coggygia* 'Royal Purple' (Abb.43), *Prunus serrulata* 'Kanzan' (Abb.34) und *Tilia cordata* 'Wega' (Abb.46), die sich in den eigenen Versuchen überwiegend bis zu 100% bewurzelt haben. Im Gegensatz dazu war bei *Prunus tenella* 'Fire Hill' wegen des überaus schlechten Bewurzelungserfolgs kein statistisch gesicherter Unterschied zwischen den Varianten feststellbar (Tab.11). Dieser Zier-*Prunus* gehört zu den schwer bewurzelbaren Gehölzen (PLIETZSCH 1993). Andere Arbeiten mit dieser Sorte am Fachgebiet Vermehrungstechnologie/Baumschulwesen erbrachten bisher auch keine Verbesserung der Bewurzelungsleistung durch Verwendung mikrovermehrter Mutterpflanzen (JACOB und JESCH 1994).

Die Vermehrung der meisten *Syringa-Vulgaris*-Hybriden durch Stecklinge gilt als schwierig (MISKE und BASSUK 1985). Hier kamen in den eigenen Untersuchungen Faktoren, wie die Juvenilität der Mutterpflanze, auch in der Bewurzelungsrate deutlich zum Ausdruck. So war bei *Syringa vulgaris* 'Mme Lemoine' und 'Mme Florent Stepman' die Bewurzelungsrate der In-vitro-Variante in den meisten Fällen den konventionellen signifikant überlegen (Abb.25 und 28). SCHMIDT (1977) beschreibt *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' als eine Fliedersorte, die sich auch ohne Wuchsstoffapplikation zu einem hohen Prozentsatz bewurzelt. Dem entsprechen auch die Ergebnisse der eigenen Versuche. In vielen Fällen war kein statistisch gesicherter Unterschied zwischen den Varianten verschiedener Mutterpflanzenherkünfte dieser Sorte feststellbar (Abb.22).

Tab.11: Häufigkeit des Auftretens von signifikanten Abweichungen aller Prüfvarianten im Vergleich zur jeweils konventionellen Variante in den drei Versuchsjahren 1996, 1997, und 1998.

Mutterpflanze (Art, Sorte)	Jahr	Bewurzelungsrate			Wurzelaanzahl			Wurzelmasse			Σ		
		>	=	<	>	=	<	>	=	<	>	=	<
<i>Amelanchier laevis</i> 'Ballerina'	1997	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0
	1998	1	1	0	1	1	0	2	0	0	4	2	0
	Σ	2	1	0	2	1	0	3	0	0	7	2	0
<i>Corylopsis pauciflora</i>	1996	1	1	1	3	0	0	3	0	0	7	1	1
	1997	0	0	3	3	0	0	1	1	1	4	1	4
	1998	2	4	0	5	1	0	6	0	0	13	5	0
	Σ	3	5	4	11	1	0	10	1	1	24	7	5
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	1996	0	3	0	0	1	2	0	1	2	0	5	4
	1997	2	1	0	2	1	0	3	0	0	7	2	0
	1998	0	3	0	3	0	0	3	0	0	6	3	0
	Σ	2	7	0	5	2	2	6	1	2	13	10	4
<i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'	1996	4	5	1	6	4	0	0	1	9	10	10	10
	1997	3	7	2	4	8	0	7	3	2	14	18	4
	1998	10	2	0	12	0	0	7	4	1	29	6	1
	Σ	17	14	3	22	12	0	14	8	12	53	34	15
<i>Prunus serrulata</i> 'Kanzan'	1996	0	3	0	3	0	0	0	2	1	3	5	1
	1997	0	3	0	3	0	0	2	1	0	5	4	0
	1998	0	3	0	2	1	0	3	0	0	5	4	0
	Σ	0	9	0	8	1	0	5	3	1	13	13	1
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	1996	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	9	0
	1997	1	2	0	1	2	0	1	2	0	3	6	0
	1998	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	9	0
	Σ	1	8	0	1	8	0	1	8	0	3	24	0
<i>Prunus triloba</i>	1997	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
	Σ	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an Ludwig Späth'	1996	0	3	0	0	2	1	1	2	0	1	7	1
	1997	0	4	2	0	6	0	2	4	0	2	14	2
	1998	2	0	1	1	2	0	2	1	0	5	3	1
	Σ	2	7	3	1	10	1	5	7	0	8	24	4
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Lemoine'	1996	4	0	0	4	0	0	3	0	0	11	0	0
	1997	4	2	0	5	1	0	6	0	0	15	3	0
	1998	6	2	0	5	2	1	6	1	1	17	5	2
	Σ	14	4	0	14	3	1	15	1	1	43	8	2
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Florent Stepman'	1996	4	3	0	6	1	0	7	0	0	17	4	0
	1997	6	4	0	6	4	0	10	0	0	22	8	0
	1998	8	2	0	4	3	3	2	5	3	14	10	6
	Σ	18	9	0	16	8	3	19	5	3	53	22	6

<i>Tilia cordata</i> 'Wega'	1996	0	10	0	10	0	0	7	3	0	17	13	0
	1997	0	8	4	4	6	2	7	5	0	11	19	6
	1998	0	12	0	8	3	1	12	0	0	20	15	1
	Σ	0	30	4	22	9	3	26	8	0	48	47	7
Σ	Σ	59	95	14	102	55	11	105	42	20	266	192	45

>....In-vitro-Variante der konventionellen Variante signifikant überlegen

=....kein signifikanter Unterschied zwischen den Mutterpflanzenherkünften

<....konventionelle Variante der In-vitro-Variante signifikant überlegen

Neben der Bewurzelungsrate können weitere Bewurzelungsparameter (Wurzelszahl, Wurzelfrischmasse) das bessere Bewurzelungspotential von juvenilen Mutterpflanzen bestätigen. So war bei den erwähnten Genotypen *Cotinus coggygia* 'Royal Purple', *Prunus serrulata* 'Kanzan' und *Tilia cordata* 'Wega' nachweisbar, daß die Stecklinge in vitro vermehrter Mutterpflanzen in den Merkmalen Wurzelszahl und Wurzelfrischmasse während der drei Versuchsjahre in den überwiegenden Fällen ein signifikant höheres Ergebnis aufwiesen als Stecklinge konventionell vermehrter Mutterpflanzen (Tab.11). Ebenso war die Bewurzelungsqualität der In-vitro-Variante bei den Genotypen *Amelanchier laevis* 'Ballerina', *Corylopsis pauciflora* und *Prunus kurilensis* 'Brillant' den konventionellen überlegen, wobei bei den letzteren die konventionellen Varianten im ersten Versuchsjahr die größere Wurzelfrischmasse aufwiesen. WALDENMAIER (1991) vermutete, daß juveniles Stecklingsmaterial sich schneller bewurzelt, wodurch es früher zur Sekundärwurzelbildung befähigt wird. Untersuchungen von PLIETZSCH (1999a) bestätigen diese Vermutung. PORLINGIS und THERIOS (1976) erzielten auch eine höhere Wurzelszahl an Stecklingen juveniler Mutterpflanzen. Über entsprechende Ergebnisse berichteten BERGMANN et al. (1988) an *Aesculus*, SPETHMANN (1986) an *Quercus* und MARKS (1991ab) an *Rhododendron-Yakushimanum*-Hybriden, und JESCH und DAVID (1996) an *Syringa*.

Bei *Prunus tenella* 'Fire Hill' konnte bezüglich der Wurzelqualität auf Grund der erfolglosen Bewurzelung kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Daraus kann gefolgert werden, daß es sich hier um ein nicht genügend juveniles Pflanzenmaterial handelt, was eventuell auf die nicht ausreichende Anzahl von Subkulturen in vitro zurückzuführen ist. Es ist bei jedem Kultivar unterschiedlich, wieviele Subkulturen benötigt werden, um eine entsprechende Juvenilität zu erreichen. SRISKANDARAJAH et al. (1982) berichteten, daß bei der Apfelsorte 'Jonathan' nach neun Subkulturen ein Stecklingsbewurzelungserfolg von über 90% erzielt werden konnte, währenddessen 'Red Delicious' 31 Subkulturen benötigte, um sich zu einem Prozentsatz von 79% bewurzeln zu können. Bei den eigenen Untersuchungen mit *Prunus tenella* 'Fire Hill' waren die etwa 60 Subkulturen offensichtlich nicht ausreichend, um ein verändertes Verhalten bei der Bewurzelung zu induzieren.

Bei den *Syringa-Vulgaris*-Hybriden entsprach das Bild der Bewurzelungsqualität dem der Bewurzelungsrate (Tab.11). Hier wird ebenfalls bei den schwer bewurzelnden Sorten das höhere Potential zur Adventivwurzelbildung juvenilen Pflanzenmaterials durch signifikant größere Wurzelszahl und Wurzelfrischmasse bestätigt. Bei *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' spielt der Juvenilitätsstatus anscheinend eine weniger entscheidende Rolle. Hier konnten nur bei dem Merkmal Wurzelfrischmasse in mehreren Fällen statistisch gesicherte Unterschiede zugunsten der In-vitro-Variante festgestellt werden (Abb.24). Bezüglich der Wurzelszahl gab es bei den meisten Vergleichen mit dieser *Syringa*-Sorte keinen Unterschied (Abb.23).

4.3.2 Dauer des Rejuvenilisierungseffektes durch In-vitro-Vermehrung

Das erhöhte Potential zur Adventivwurzelbildung wird nach HACKETT (1985) als sicheres Merkmal einer Rejuvenilisierung angesehen. In ihrem Versuch mit *Syringa* vermuteten WALDENMAIER und BÜNEMANN (1993), daß es sich hier nicht um eine ontologische Art der Verjüngung, sondern um eine besonders vollständige, zeitlich begrenzte physiologische Verjüngung handelt.

Dieser Verjüngungseffekt kann innerhalb kurzer Zeit nachlassen oder mehrere Jahren anhalten.

SCHMIDT et al. (1995) beobachteten bei verschiedenen *Sorbus*-Hybriden eine Verminderung des Bewurzelungspotentials von Stecklingen in vitro vermehrter Mutterpflanzen schon nach 1,5 Jahren. JESCH und DAVID (1996) empfehlen für Stecklinge eine Verwendungsdauer in vitro vermehrter *Syringa-Vulgaris*-Mutterpflanzen zumindest von vier Jahren, wiesen jedoch darauf hin, daß der durch die In-vitro-Vermehrung erreichte Rejuvenilisierungseffekt mit dem Altern der Mutterpflanzen bei verschiedenen Sorten mit unterschiedlicher Geschwindigkeit nachläßt. So war der Rückgang der Bewurzelungsrate mit zunehmendem Alter der Mutterpflanzen bei *Syringa vulgaris* 'Mme Lemoine' deutlicher, als bei 'Mme Florent Stepman' und 'Katherine Havemeyer'. Auch SCHULZE (1991) an *Rosa*, *Prunus* und *Syringa* sowie HOWARD und MARKS (1988) erkannten art- und sortenspezifisches Verhalten der Gehölze in Hinblick auf die Wirkungsdauer der Rejuvenilisierung durch In-vitro-Vermehrung. Während das erhöhte Potential zur Adventivwurzelbildung noch bei neun Jahre alten in vitro vermehrten Mutterpflanzen von *Prunus domestica* 'Pixy' nachweisbar war, hat es bei *Rhododendron* 'Hoppy' nach einem Jahr und bei der Sorte 'Amerika' innerhalb eines Jahres nachgelassen. MEISSNER (1995) erzielte bei bis zu vier Jahre alten In-vitro-Mutterpflanzen von *Prunus serrulata* 'Kanzan' eine Bewurzelungsrate von über 80%. Bei älteren Mutterpflanzen war eine Abnahme des Rejuvenilisierungseffektes deutlich. Es konnte eine Auswirkung der Rejuvenilisierung auch bei den Abvermehrungen von in vitro vermehrten Mutterpflanzen anhand des besseren Bewurzelungspotentials beobachtet werden.

In den eigenen Versuchen mit *Syringa* war festzustellen, daß sowohl die Bewurzelungsrate als auch die Bewurzelungsqualität bei den Stecklingen der jüngeren In-vitro-Mutterpflanzen während der drei Versuchsjahre bis zu einem bestimmten Alter zunimmt, und die Ergebnisse der älteren Mutterpflanzen sich mit den Jahren verschlechtern (Abb.22-30). Die Mutterpflanzen müssen ein bestimmtes Entwicklungsstadium erreichen und genügend Reservestoffe akkumuliert haben, um ihr maximales Potential bei der Bewurzelung zu entfalten. Es war jedoch unterschiedlich, wie schnell der Rejuvenilisierungseffekt bei den verschiedenen Sorten nachließ. Bei *Syringa vulgaris* 'Mme Florent Stepman' waren es 3-4 Jahre (Abb.28-30), bei 'Andenken an Ludwig Späth' 4-5 Jahre (Abb.22-24) und bei 'Mme Lemoine' konnte noch nach 5-6 Jahren die rejuvenilisierende Wirkung der In-vitro-Vermehrung nachgewiesen werden (Abb.25-27).

Ähnliche Beobachtungen wurden bei *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' festgestellt (Abb.40-42). Die Ergebnisse bezüglich der Wurzelqualität wurden bei den konventionell vermehrten Mutterpflanzen im Laufe der Jahre schlechter. Im Vergleich dazu wurde die Bewurzelungsqualität bei den jüngeren In-vitro-Mutterpflanzen mit der jährlichen Entwicklung immer besser, bis es bei einem bestimmten Alter umschlug (hier nach ca. 4-5 Jahren). Dieser Trend ist besonders beim Merkmal Wurzelfrischmasse der Stecklingen zu beobachten (Abb.42). Da die Bewurzelungsqualität auch als ein Merkmal der Juvenilität angenommen wird, scheint diese Beobachtung die These zu bestätigen, daß die durch die In-vitro-Vermehrung hervorgerufene Juvenilität der Mutterpflanzen mit der Alterung nachläßt.

4.3.3 Einfluß des Mutterpflanzenrückschnittes

HOWARD et al. (1989) verglichen die Bewurzelung bei Stecklingen neun Jahre alter in vitro und konventionell vermehrten *Prunus domestica* 'Pixy' Mutterpflanzen. Sie stellten fest, daß der starke Mutterpflanzenrückschnitt bei beiden Varianten die Bewurzelung deutlich verbesserte und eine erhöhte Wurzelanzahl verursachte. Die besten Ergebnisse wurden mit den stark geschnittenen In-vitro-Mutterpflanzen erzielt. Die Bewurzelung der Stecklinge fand hier früher statt als bei konventionell vermehrten Mutterpflanzen.

Im Gegensatz dazu gelang WALDENMAIER und BÜNEMANN (1993) und auch JESCH und DAVID (1996) bei der Vermehrung von *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' keine Verbesserung der Bewurzelungsrate einmalig zurückgeschnittener Mutterpflanzen. Somit war eine „Rejuvenilisierung“ durch einen einmaligen starken Mutterpflanzenrückschnitt in diesem Falle nicht möglich. Ebenso konnte SCHMIDT (1978) durch einen Rückschnitt der *Syringa*-Mutterpflanzen keine Erhöhung des Bewurzelungsprozentes der Stecklinge erzielen.

Im Gegensatz dazu zeigten die eigenen Versuche mit *Syringa vulgaris* 'Mme Lemoine', daß die Stecklinge ungeschnittener Mutterpflanzen in beiden geprüften Versuchsjahren sich schlechter bewurzelten als die Stecklinge geschnittener Mutterpflanzen desselben Alters. Dies bezieht sich sowohl auf die Bewurzelungsrate als auch auf die weiteren beiden untersuchten Parameter der Bewurzelungsqualität und entspricht der formulierten Ausgangshypothese (Abb.25-27). Nur im Jahr

1998 konnte die Verjüngung durch starken Pflanzenrückschnitt bei der Variante Kon91 die rejuvenilisierende Wirkung der In-vitro-Vermehrung überlagern.

Die Stecklingsbewurzelungsversuche mit *Prunus kurilensis* 'Brillant' zeigten ein ähnliches Bild. Mit Ausnahme der Wurzelanzahl im ersten Versuchsjahr waren alle Bewurzelungsparameter der Stecklinge geschnittener Mutterpflanzen denen von ungeschnittenen überlegen (Abb.21-23). Sogar die Stecklinge der ältesten, jedes Jahr stark geschnittenen konventionellen Variante waren durch eine bessere Bewurzelungsleistung gekennzeichnet. So bestätigen die Ergebnisse die Annahme, daß die rejuvenilisierende Wirkung des Mutterpflanzenrückschnittes die rejuvenilisierende Wirkung der In-vitro-Vermehrung überlagern, eventuell verstärken bzw. verlängern kann. Der beste Bewurzelungserfolg ist dabei durch die Kombination der beiden Maßnahmen zu erzielen.

HOWARD et al. (1988) empfiehlt das jährliche starke Zurückschneiden der Mutterpflanzen. Jedoch soll auch berücksichtigt werden, daß bei zu starkem Schnitt einerseits weniger Pflanzenmaterial zur Verfügung steht, das außerdem aus schlafenden Knospen austreibt, und es dadurch eventuell es zu einem späteren Austrieb kommt.

4.3.4 Einfluß des Stecktermins

Über die Wichtigkeit eines richtig ausgewählten Stecktermins stimmen die Meinungen verschiedener Autoren überein. Ein möglichst früher Termin erlaubt den Stecklingen mehr Zeit, um Neutriebe zu bilden (HARTMANN 1985, SPELLERBERG 1986, SPETHMANN 1986, SCHULZE 1991 u.a.). BLAKESLEY et al (1992) berichteten, daß die Stecklinge von *Cotinus coggygia* 'Royal Purple', die zu einem späteren Termin (Ende August) gesteckt wurden, schwieriger zu bewurzeln waren, als die zum optimalen Termin (Ende Mai, Anfang Juni) gesteckten. In den Vermehrungsversuchen von KANTARCI und AYFER (1994) mit *Corylus avellana* L. nahm die Bewurzelungsfähigkeit der Stecklinge mit fortgeschrittenem Termin ab. Nach McCONNEL und HERMAN (1980) führt ein Durchtreiben nach der Bewurzelung zur Anreicherung von Zucker und erhöht die Überwinterungsrate. Zu frühe Stecklingsentnahme kann aber ebenso zum Mißerfolg führen, da die Verwendung zu weicher, nicht genügend ausgereifter Triebe leichter zu Fäulnis und dadurch zu einer erhöhten Ausfallrate führen kann.

Die Stecklinge aller Varianten in den eigenen Versuchen wurden zu einem optimalen Termin entnommen und gesteckt. Diese Zeitpunkte können innerhalb eines Genotyps variieren, je nachdem, ob es sich um geschnittene oder ungeschnittene, konventionelle oder in vitro vermehrte Mutterpflanzen handelt (Tab.1). SCHMIDT (1978) berichtet, daß sich bei geschnittenen Flieder-Mutterpflanzen der optimale Stecktermin um etwa 20 Tage verschieben kann. Die eigenen Beobachtungen bei jungen geschnittenen In-vitro-Mutterpflanzen konnten diese Behauptung nicht bestätigen. Zwar gilt generell für adulte Pflanzen, daß sie früher das Längenwachstum abschließen und dadurch das Zeitintervall, um Stecklinge zu gewinnen, verkürzt wird. Aufgrund der größeren Wüchsigkeit juveniler Triebe können diese zum selben Zeitpunkt oder in einigen Fällen sogar früher gewonnen werden. So konnten im ersten Versuchsjahr bei *Prunus kurilensis* 'Brillant' die konventionellen Mutterpflanzen später als die In-vitro-Pflanzen zur Stecklingsvermehrung verwendet werden (Tab.1).

Stecklinge von sehr jungen in vitro vermehrten Mutterpflanzen, die sich noch im Überföhrungszeit in der Akklimatisationsphase befanden, konnten oft erst zu einem späteren Termin mit entsprechender Stecklingsgröße und -qualität entnommen werden. Ein Beispiel dafür waren z.B. 1998 die Varianten IV96 von *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' und IV97 von *Amelanchier laevis* 'Ballerina'. Die jüngste Variante von *Prunus serrulata* 'Kanzan' konnte in jedem Versuchsjahr erst eine Woche später entnommen werden als die anderen Varianten (Tab.1).

Auch phytosanitäre Probleme können den Stecktermin beeinflussen. Im Versuchsjahr 1997 waren die Mutterpflanzen IV93 und IV94 von *Tilia cordata* 'Wega' so stark von Pilzinfektionen befallen, daß zur Stecklingsvermehrung erst die Seitentriebe verwendet werden konnten (Tab.1). Dies bedeutete eine Verschiebung des Stecktermins um drei Wochen. Deren negative Wirkung und die vermutlich geschwächte Stecklingsqualität überlagerten die Wirkung der Juvenilität dieser Mutterpflanzen (Abb.46-48).

4.3.5 Witterungsbedingte Schwankungen

Es liegen keine Angaben in der Literatur darüber vor, ob die Vermehrungsart der Mutterpflanze die

Witterungsempfindlichkeit beeinflusst. In den eigenen Versuchen wurde festgestellt, daß diese Reaktionen der Gehölze arten- und sortenspezifisch sind (Tab.11). Es ist jedoch schwer, die Auswirkungen der durch die Mutterpflanzenalterung bedingten Änderungen im Bewurzelungspotential von den witterungsbedingten Schwankungen zu trennen.

Bei den *Syringa-Vulgaris*-Hybriden waren die Sorten 'Mme Lemoine' (Abb.25-27) und 'Mme Florent Stepman' (Abb.28-30) und darunter die konventionelle und die ältere In-vitro-Variante durch größere Empfindlichkeit auf die Witterungsunterschiede der verschiedenen Jahre gekennzeichnet als 'Andenken an Ludwig Späth' (Abb.22-24). Deutliche Schwankungen zwischen den drei Versuchsjahren zeigten die Zier-*Prunus*-Sorten. Besonders ausgeprägt war dies bei der Wurzelanzahl von *Prunus kurilensis* 'Brillant' (Abb.11). Die mehrfach höhere Anzahl der Wurzeln aller Varianten in dem ersten Versuchsjahr kann auf die relativ hohen Nachttemperaturen während der Bewurzelung zurückgeführt werden. Nur bei *Tilia cordata* 'Wega' konnte kein Einfluß der Witterung beobachtet werden (Abb.46-48). Die hier vorkommenden Unterschiede in der Bewurzelungsleistung wurden durch pilzliche Krankheiten verursacht.

4.4 Vergleich der Adventivwurzelbildung von Steckhölzern innerhalb eines Genotyps und zwischen den Genotypen.

Die Bewurzelung von Steckhölzern unterschiedlicher Mutterpflanzenherkünfte wurde bei *Cotinus coggygria* 'Royal Purple', *Prunus serrulata* 'Kanzan', *Tilia cordata* 'Wega' und vier *Syringa-Vulgaris*-Hybriden untersucht.

Bei den *Syringa-Vulgaris*-Hybriden bewurzelten die Steckhölzer der konventionell vermehrten Variante in den meisten Fällen nicht oder die Bewurzelung lag unter 20%, was ein geringes Resultat darstellt (Abb.49 bis 52). Steckhölzer einjähriger In-vitro-Mutterpflanzen bewurzelten sich zu 72% bis 95% und die Bewurzelungsqualität war stark bis mittelstark. Das Bewurzelungspotential hatte mit der Alterung der meisten Mutterpflanzen schon im zweiten oder dritten Jahr nachgelassen. Dies kam entweder durch die geringere Bewurzelungsrate oder durch den erhöhten Anteil an schwacher Wurzelqualität zum Ausdruck. Auch BÜTTNER (1993) empfiehlt bei Flieder die Verwendung einjähriger in vitro vermehrten Mutterpflanzen zur Steckholzvermehrung. Zur gleichen Schlußfolgerung kam MEISSNER (1995) bei *Prunus serrulata* 'Kanzan'. Er erzielte mit einjährigen Steckhölzern von in vitro vermehrten Mutterpflanzen eine Bewurzelungsrate von 80% bis 90%.

In den eigenen Versuchen bewurzelten sich die konventionellen Varianten der drei weiteren geprüften Genotypen (*Cotinus coggygria* 'Royal Purple', *Prunus serrulata* 'Kanzan' und *Tilia cordata* 'Wega') in den drei Versuchsjahren ebenfalls nicht (Abb.53). Die höchste Bewurzelungsrate erreichten in jedem Versuchsjahr die jüngsten der geprüften In-vitro-Varianten, obwohl bei *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' und *Tilia cordata* 'Wega' diese Ergebnisse auch auf einem niedrigen Niveau lagen. Wie bei den *Syringa-Vulgaris*-Hybriden war auch hier zu beobachten, daß sich mit der Alterung der Mutterpflanzen das Bewurzelungspotential verringert. Jedoch konnten Steckhölzer durch In-vitro-Vermehrung rejuvenilisierter Mutterpflanzen bei Genotypen bewurzelt werden, die durch Steckholz als nicht oder sehr schwer bewurzelbar gelten (SCHMIDT et al. 1994).

ALBRECHT (1998) konnte bei *Tilia cordata* 'Wega' durch die Verwendung von juvenilem Pflanzenmaterial für *Tilia* recht gute Ergebnisse bei der Steckholzvermehrung erreichen.

Von den eigenen Versuchen und der entsprechenden Literatur ist abzuleiten, daß, wie bei der Stecklingsvermehrung, auch in der Steckholzvermehrung die durch In-vitro-Vermehrung induzierte Rejuvenilisierung der Mutterpflanzen auf den Bewurzelungserfolg einen besonders positiven Einfluß hat. Jedoch wird deutlich, daß bei der Steckholzvermehrung der Rejuvenilisierungseffekt wesentlich schneller, in den meisten Fällen schon nach einem Jahr, nachläßt, währenddessen bei der Stecklingsvermehrung noch nach mehreren Jahren ein besseres Potential zur Adventivwurzelbildung nachweisbar ist. Es ist vermutlich damit verbunden, daß die Steckhölzer sich zu dem Zeitpunkt der Vermehrung in Ruhe befinden, währenddessen Stecklinge in der Wachstumsphase sind und über ein aktives Meristemgewebe verfügen. Für die Praxis wäre deswegen empfehlenswert, die in vitro vermehrten Mutterpflanzen im ersten (eventuell auch noch im zweiten) Jahr auch für Steckholzvermehrung zu nutzen, wobei das Abfallmaterial bei dem jährlichen Mutterpflanzenrückschnitt verwendet werden kann. In den weiteren Jahren können dann die Mutterpflanzen für die Stecklingsvermehrung dienen. Die Dauer des Rejuvenilisierungseffektes wurde

sowohl bei der Stecklings- als auch bei der Steckholzvermehrung bei verschiedenen Arten und Sorten als unterschiedlich beobachtet.

4.5 Überwinterung

Viele relativ leicht bewurzelbare Gehölze gelten als schwer vermehrbar, weil die erste Überwinterung der bewurzelten Stecklinge problematisch ist. Nach der Adventivwurzelbildung fallen die Stecklinge oft in eine Triebdormanz, deren Folgen eine hohe Ausfallrate während des Winters oder ein Absterben kurz nach Austriebsbeginn im nächsten Frühjahr sein können. Vermutlich können die Stecklinge nach der Bewurzelung nicht genügend Reservestoffe akkumulieren, um die lange Winterperiode zu überstehen. Viele Autoren empfehlen deshalb einen möglichst frühen Stecktermin oder die Verwendung von vorgetriebenen Mutterpflanzen, um eine höhere Durchtriebrate zu erzielen (HARTMANN 1985, SPELLERBERG und BÜNEMANN 1985, PLIETZSCH 1996a). SPELLERBERG (1986) konnte außerdem durch Tagverlängerung, zusätzliche CO₂-Begasung und Gibberellinsäureapplikation nach der Bewurzelung bei vielen Arten eine starke Austriebsförderung erreichen und dadurch die Pflanzen erfolgreich überwintern.

SPETHMANN (1986) berichtet, daß bei *Tilia cordata* sehr alte Mutterbäume erfolgreich über Stecklinge vermehrt wurden, jedoch die Überwinterung der bewurzelten Stecklinge von älteren Mutterpflanzen erheblich schwieriger war als die von jüngerem Ausgangsmaterial.

In den eigenen Versuche mit *Tilia cordata* 'Wega' wurde untersucht, ob mit der Nutzung von In-vitro-Mutterpflanzen zur Stecklingsvermehrung ein höherer Überwinterungserfolg erzielt werden kann. Eine konventionelle und fünf In-vitro-Varianten wurden an vier Überwinterungsorten geprüft (Abb.54-56). Im ersten Winter (1996/97) war die Überwinterungsquote von Stecklingen konventionell vermehrter Mutterpflanzen nur im Freiland statistisch gesichert schlechter und im Winter 1997/98 an den drei Überwinterungsorten (Freiland, Folienzelt, Gewächshaus) signifikant niedriger (40%-86%), als von Stecklingen in vitro vermehrter Mutterpflanzen (88%-100%). Zwischen den In-vitro-Varianten gab es mit wenigen Ausnahmen keinen Unterschied. Diese Ausnahmen waren die in dem Vermehrungsjahr 1997 wegen Pilzbefalls zu einem späteren Termin gesteckten Jahrgänge IV93 und IV94 im Gewächshaus, die signifikant schlechter überwinterten, als die Stecklinge der anderen In-vitro-Varianten.

Unabhängig von dem Überwinterungsort hatten die In-vitro-Varianten die besten Überwinterungserfolge. Vergleiche der Ergebnisse der einzelnen Überwinterungsorte zeigen im Winter 1996/97, daß alle Varianten im Freiland schlechter überwinterten. Da die tiefsten gemessenen Nachttemperaturen auch im Folienzelt niedrig waren, sind die Ergebnisse damit nicht zu erklären (Tab.5). Auch die Temperaturabweichungen zwischen Tag und Nacht waren im Freiland nicht größer. So war vermutlich die auch tagsüber hohe relative Luftfeuchte und das damit erhöhte Risiko einer Pilzinfektion für den großen Ausfall während des Winters verantwortlich (Tab.6). Im Folienzelt und im Gewächshaus wurde bei Bedarf gelüftet, und in der Klimakammer waren die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit eingestellt. In der Klimakammer (unter Langtagsbedingungen) überwinterten auch die Stecklinge konventionell vermehrter Mutterpflanzen mit fast 100%-igem Erfolg (Abb.54).

Auch die Untersuchungen von SPELLERBERG und BÜNEMANN (1985) weisen darauf hin, daß Stecklinge juveniler Mutterpflanzen besser durchtreiben. Im Gegensatz dazu konnte MEISSNER (1995) einen Nachweis der Rejuvenilisierung am Merkmal des Durchtriebes bei *Prunus serrulata* 'Kanzan' nicht erbringen. WALDENMAIER und BÜNEMANN (1993) erzielten die beste Durchtriebrate bei *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' bei der jüngsten In-vitro-Variante. JACOB et al. (1995) beobachteten bei *Syringa-Vulgaris*-Hybriden einen größeren Anteil an Stecklingen mit Basis- und Durchtrieben bei dem jungen In-vitro-Material. Über ähnliche Ergebnisse berichtet LÜCK (1998) bei *Amelanchier*. PLIETZSCH und HAMAR (1999) fanden in ihrem Überwinterungsversuch mit Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften von *Prunus serrulata* 'Kanzan' eine Korrelation zwischen dem Anteil der Stecklinge mit Durchtrieb nach der Bewurzelung und der darauf folgenden Überwinterungsrate. Die größere Juvenilität der in vitro vermehrten Mutterpflanzen beeinflusste die Durchtriebrate und dadurch den Überwinterungserfolg der davon gewonnenen Stecklinge positiv.

Diese Sachverhalte stimmen auch mit den eigenen Untersuchungen mit *Tilia cordata* 'Wega' überein. Die Durchtriebrate nach der Bewurzelung war ebenso wie die Überwinterungsrate in jedem Fall bei

den Stecklingen konventionell vermehrter Mutterpflanzen signifikant niedriger als bei den In-vitro-Varianten (Tab.7). Diese beeinflussten aber nicht nur die Überwinterungsrate, sondern auch die Neutriebbildung im Jahr nach der Überwinterung (Tab.8 und 9). Der Vermehrungsprozeß endet erst mit einer erfolgreichen Überwinterung und dem anschließenden Austrieb der bewurzelten Stecklinge. Deswegen ist es wichtig, auch den Neutrieb im Folgejahr zu ermitteln. Der Anteil Stecklinge mit Neutrieb war bei der konventionellen Variante statistisch gesichert niedriger als bei der In-vitro-Variante (Tab.8 und 9). Zwischen den einzelnen In-vitro-Jahrgängen gab es in den meisten Fällen keinen signifikanten Unterschied. Das Alter der In-vitro-Mutterpflanzen hatte anscheinend keinen Einfluß auf die Neutriebbildung. Vermutlich spielte hier die Kondition der Mutterpflanzen (Ernährungs- und Gesundheitszustand) eine wichtigere Rolle. Die Resultate der durchschnittlichen Gesamtneutrieblängen waren in den zwei geprüften Jahren sehr unterschiedlich (Abb.57). 1998 hatten die Pflanzen generell mehr Neutriebe gebildet als im Jahr zuvor (Abb.58). Es war jedoch feststellbar, daß die Jungpflanzen der konventionellen Variante nicht nur weniger, sondern in den meisten Fällen auch kürzere Triebe gebildet hatten als die der in vitro vermehrten Mutterpflanzen.

5 Schlußfolgerungen

5.1 Schlußfolgerungen aus den eigenen Untersuchungen

- Ausgangshypothese dieser Arbeit war, daß die In-vitro-Vermehrung eine Rejuvenilisierung hervorruft, die sich bei vegetativ erzeugten Nachkommen in einem erhöhten Regenerationsvermögen widerspiegelt. Anhand verbesserter Adventivwurzelbildung bei Stecklingen und Steckhölzern war der Rejuvenilisierungseffekt nachweisbar. Dieser kam bei verschiedenen Genotypen unterschiedlich zum Ausdruck. Bei schwer bewurzelbaren Gehölzen wie *Amelanchier laevis* 'Ballerina' und den *Syringa-Vulgaris*-Hybriden 'Mme Lemoine' und 'Mme Florent Stepman' erzielten die Stecklinge in vitro vermehrter Mutterpflanzen eine erhöhte Bewurzelungsrate und -qualität. Dagegen konnten bei Genotypen, die sich zu einem hohen Prozentsatz bewurzeln, nur in der Bewurzelungsqualität (Wurzelazahl, Wurzelmasse) Unterschiede zwischen den Mutterpflanzenherkünften festgestellt werden. Dazu gehörten folgende Gehölze: *Cotinus coggygria* 'Royal Purple', *Prunus kurilensis* 'Brillant', *Prunus serrulata* 'Kanzan', *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' und *Tilia cordata* 'Wega'.

Bei *Prunus tenella* 'Fire Hill' konnte kein Rejuvenilisierungseffekt beobachtet werden. Es handelte sich vermutlich um ein nicht genügend juveniles Pflanzenmaterial, was eventuell auf die nicht ausreichende Anzahl von Subkulturen in vitro zurückzuführen ist.

- Bei dem Vermehrungserfolg spielen nach dem Juvenilitätsstatus der Mutterpflanzen weitere Einflüsse, wie der optimale Stecktermin, Behandlung der Stecklinge und optimale Vermehrungsbedingungen eine wesentliche Rolle. Ein starker jährlicher Mutterpflanzenrückschnitt kann den Rejuvenilisierungseffekt der In-vitro-Vermehrung überlagern, aber auch verstärken und verlängern. Dies konnte bei *Prunus kurilensis* 'Brillant' nachgewiesen werden.

Die Reaktionen der Gehölze auf witterungsbedingte Schwankungen waren art- und sortenspezifisch. Eine Überlagerung des Rejuvenilisierungseffektes durch die Wirkungen der Witterung bei der Adventivwurzelbildung konnte nicht festgestellt werden.

- Es ist art- und sortenspezifisch, wieviele Jahre nach der In-vitro-Vermehrung der Rejuvenilisierungseffekt anhand verbesserter Adventivwurzelbildung sich noch nachweisen läßt. Die Stecklinge von 6-7 Jahre alten *Cotinus coggygria* 'Royal Purple', *Prunus kurilensis* 'Brillant', *Prunus serrulata* 'Kanzan'- und *Tilia cordata* 'Wega'-Mutterpflanzen konnten noch zu einem sehr hohen Prozentsatz (bis zu 100%) bewurzelt werden, jedoch verschlechterte sich die Bewurzelungsqualität in der Regel nach 4-5 Jahren. Bei *Syringa vulgaris* 'Mme Florent Stepman' waren es 3-4 Jahre, bei 'Andenken an Ludwig Späth' 4-5 Jahre und bei 'Mme Lemoine' konnte noch nach 5-6 Jahren die rejuvenilisierende Wirkung der In-vitro-Vermehrung nachgewiesen werden.

Bei Steckhölzern hatte die Wirkung des Rejuvenilisierungseffektes dagegen schon nach einem Jahr stark nachgelassen.

- Die bewurzelten Stecklinge in vitro vermehrter Mutterpflanzen von *Tilia cordata* 'Wega' konnten im Freiland mit einem höheren Erfolg überwintert werden als bewurzelte Stecklinge konventionell vermehrter Mutterpflanzen. Offensichtlich steht dieses Resultat im Zusammenhang damit, daß die In-vitro-Variante nach der Bewurzelung einen höheren Anteil an durchgetriebenen Stecklingen hatte als die konventionelle Variante. Nach der Überwinterung bildeten die bewurzelten Stecklinge in vitro vermehrter Mutterpflanzen zu einem höheren Prozentsatz Neutriebe. Die Triebblänge der In-vitro-Variante war der konventionellen Variante ebenfalls überlegen.

Beim Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Überwinterungsorte kann festgestellt werden, daß die Unterschiede zwischen den Varianten im Freiland am ausgeprägtesten waren und dort der schlechteste Überwinterungserfolg erzielt wurde. Vermutlich war hier die tagsüber hohe relative Luftfeuchte und das damit erhöhte Risiko einer Pilzinfektion für den großen Ausfall während des Winters mitverantwortlich.

Starken Einfluß auf den Überwinterungserfolg hat der optimale, möglichst frühe Stecktermin. Die zwei In-vitro-Varianten (IV93 und IV94), die wegen Pilzbefalls nur zu einem drei Wochen späteren Termin gesteckt werden konnten, trieben nach der Bewurzelung zu einem niedrigeren Prozentsatz durch und

waren durch eine relativ niedrige Überwinterungsquote und Neutriebrate gekennzeichnet.

- In den histologischen Untersuchungen an *Corylopsis pauciflora* wurde festgestellt, daß die Wurzelprimordien entweder unmittelbar aus dem Kambium gebildet worden waren, oder daß vom Kambium ein Phloem angelegt wurde, und darin Parenchymzellen zu Wurzelinitialen ausdifferenzierten. Bei *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' war der Bildungsort der Adventivwurzeln ebenfalls das Kambium. Die Wurzelbildung bei den beiden Genotypen erfolgte basal und lateral. In den Stecklingsbasen von *Prunus kurilensis* 'Brillant' waren die Wurzelprimordien vermutlich aus den innersten parenchymatischen Zellen entstanden. Die Wurzeln traten an der Stecklingsbasis aus. Bei *Prunus tenella* 'Fire Hill' konnte kein Primordium dokumentiert werden. Zwischen den verschiedenen Mutterpflanzenherkünften konnte im Entstehungsort und Aufbau der Wurzelprimordien kein Unterschied festgestellt werden.

- Die Dauer der Adventivwurzelbildung ist bei den verschiedenen Genotypen sehr unterschiedlich. In den Querschnitten von *Corylopsis pauciflora*- und *Cotinus coggygria* 'Royal Purple'-Stecklingsbasen in vitro vermehrter Mutterpflanzen wurden bereits 14 Tage nach dem Stecken Wurzelprimordien im Jungstadium gefunden. Bei *Prunus kurilensis* 'Brillant' konnten erst am 21. Bewurzelungstag in den Stecklingsbasisquerschnitten bei der In-vitro-Variante Wurzelprimordien dokumentiert werden. Erst zu einem ein bis zwei Wochen späteren Termin wurden im Stecklingsgewebe konventionell vermehrter Mutterpflanzen dieser Genotypen die ersten Zellteilungen beobachtet. 21 Tage nach dem Stecklingsstecken befanden sich bei den In-vitro-Varianten die Primordien in dem Stadium des Auswachsens, bei *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' waren sogar makroskopisch sichtbare Wurzeln vorhanden.

- Die Annahme, daß ein höheres Niveau der Peroxidase-Aktivität mit größerer Bewurzelungswilligkeit verbunden ist, konnte nur bei *Syringa vulgaris* 'Mme Florent Stepman', *Prunus kurilensis* 'Brillant' und *Corylopsis pauciflora* bestätigt werden. Hier entsprachen die Resultate der Peroxidase-Aktivität den Ergebnissen der Bewurzelungsrate und der Arbeitshypothese. Bei *Prunus tenella* 'Fire Hill', *Syringa vulgaris* 'Andenken an Ludwig Späth' und *Cotinus coggygria* 'Royal Purple' konnte kein Zusammenhang zwischen der Peroxidase-Aktivität und der Bewurzelungsleistung festgestellt werden. So kann die Peroxidase-Aktivität nicht als allgemeiner Marker dienen, um Gehölze mit unterschiedlichem Bewurzelungspotential voneinander zu unterscheiden. Die Beobachtungen der histologischen Untersuchungen und die Peroxidase-Aktivitäts-Messungen stimmten nur bei *Corylopsis pauciflora* überein. Bei den anderen untersuchten Genotypen konnten keine Rückschlüsse von dem Ablauf der Peroxidase-Aktivität auf den Ablauf der Adventivwurzelbildung gezogen werden.

5.2 Empfehlungen für die Praxis

Da beim Erfolg einer vegetativen Vermehrung der Juvenilitätsstatus von Gehölzen eine entscheidende Rolle spielt, ist es für die Praxis empfehlenswert in vitro vermehrte Mutterpflanzen zu verwenden. Besonders wichtig ist bei schwer vermehrbaren Genotypen, daß für die Weitervermehrung juveniles Material zur Verfügung steht.

Jedoch können keine pauschalen Urteile über die Bewurzelungsfähigkeit der Stecklinge von in vitro vermehrten Mutterpflanzen gemacht werden. Es ist von großer Bedeutung, daß die Pflanzen in der In-vitro-Vermehrung eine ausreichende Anzahl an Subkulturen hatten, um ein verändertes Verhalten bei der Adventivwurzelbildung zu erreichen.

Der Wiederverjüngungseffekt der In-vitro-Vermehrung läßt mit dem Altern der Mutterpflanzen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit bei den einzelnen Genotypen nach. Bei den untersuchten Arten und Sorten betrug diese Zeit für die Stecklingsvermehrung 4 bis 6 Jahre. Jedoch kann diese positive Auswirkung durch starken jährlichen Rückschnitt der Mutterpflanzen verstärkt und verlängert werden.

Bei der Steckholzvermehrung konnte die Rejuvenilisierung nach zwei Jahren bei den meisten Genotypen nicht mehr nachgewiesen werden. Steckhölzer einjähriger In-vitro-Mutterpflanzen konnten dagegen bis zu 100% auch bei schwer bewurzelbaren Gehölzen (z.B. *Syringa*) bewurzelt werden. Für die Praxis wäre es deswegen empfehlenswert, die in vitro vermehrten Mutterpflanzen im ersten (eventuell auch noch im zweiten) Jahr auch zur Steckholzvermehrung zu nutzen, wobei das Abfallmaterial des jährlichen Mutterpflanzenrückschnittes verwendet werden könnte. In den weiteren Jahren können dann die Mutterpflanzen der Stecklingsvermehrung dienen.

Bei leicht bewurzelbaren Genotypen, die wegen ihrer problematischen Überwinterung als schwer vermehrbar gelten, ist die Verwendung in vitro vermehrter Mutterpflanzen für die Stecklingsvermehrung empfehlenswert. Die In-vitro-Stecklinge treiben zu einem höheren Prozentsatz nach der Bewurzelung durch, was eine Voraussetzung für die erfolgreiche Überwinterung darstellt.

Aus dieser Arbeit geht als generelle Empfehlung hervor, daß zur Stecklings- und (eingeschränkt) zur Steckholzvermehrung, insbesondere der als schwer vermehrbar geltenden Genotypen, in vitro vermehrte Gehölze als Mutterpflanze verwendet werden sollten.

5.3 Empfehlungen für weiterführende Untersuchungen

Die einzelnen Genotypen benötigen eine sehr unterschiedliche Subkulturenanzahl. Um zu erforschen, wieviele Subkulturen bei *Prunus tenella* 'Fire Hill' die Erhöhung des Bewurzelungspotentials auslösen, wären weiterführende Untersuchungen notwendig. Außerdem wären vergleichende Stecklingsvermehrungsversuche von Genotypen mit unterschiedlicher Subkulturenanzahl in vitro von Interesse.

Um ein genaueres Bild über die Peroxidase-Aktivität der Stecklinge während der Adventivwurzelbildung zu bekommen, wären Untersuchungen, besonders in den ersten zwei Wochen nach dem Stecktermin, in kleineren Zeitabständen nötig. Da einzelne Individuen eines Genotyps deutliche Abweichungen im Phytohormon- und Enzymgehalt aufweisen können, sollte statt der relativ kleinen Mischproben jeweils aus fünf Stecklingsbasen eine Untersuchung von Einzelproben mit anschließender Mittelwertbildung erfolgen, um eventuelle Ausreißer erkennen zu können. Jedoch ist es diskutabel, ob der so entstehende große Arbeitsaufwand mit den Ergebnissen ableitbaren Aussagen im Verhältnis steht.

Die erzielten Ergebnisse legen außerdem nahe, daß es auch für weitere Gehölzarten und -sorten sinnvoll erscheint, eine mögliche Rejuvenilisierung nach In-vitro-Vermehrung zu untersuchen. Einige der gegenwärtig noch als schwer bewurzelbar bekannten Gehölze, die deshalb in den Baumschulen überwiegend veredelt werden, könnten dann eventuell leichter über Stecklinge vermehrt werden (z.B. die Sorten der Blumenhartriegel, *Hamamelis*-Sorten, *Kalmia latifolia*-Sorten u.a.)

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob eine Rejuvenilisierung durch die In-vitro-Vermehrung anhand verbesserter Adventivwurzelbildung bei der Stecklings- und Steckholzvermehrung nachweisbar ist. Weiterhin wurden Aussagen zur Dauer der Rejuvenilisierung bei vegetativ erzeugten Nachkommen von In-vitro-Mutterpflanzen getroffen. Das Überwinterungsverhalten bewurzelter Stecklinge aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften wurde an vier Überwinterungsorten verglichen. Zur Lokalisation und zum zeitlichen Ablauf der Adventivwurzelbildung bei Stecklingen aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften wurden histologische Studien durchgeführt. Parallel dazu wurden die Veränderungen der Peroxidase-Aktivität im Stecklingsgewebe während der Adventivwurzelbildung ermittelt und mit den Ergebnissen der histologischen Untersuchungen verknüpft.

Für die Untersuchungen wurden elf verschieden schwer bewurzelnde Genotypen verwendet. Die Versuche wurden am Fachgebiet Vermehrungstechnologie/Baumschulwesen in Berlin-Köpenick durchgeführt. Die Stecklingsvermehrung erfolgte in einem Vermehrungsgewächshaus mit Fog-System, in Multitopfpaletten mit 48 Stecklingen pro Variante. Die Überwinterung wurde mit *Tilia cordata* 'Wega' im geschützten Freiland, im geheizten Gewächshaus, im ungeheizten Folienzelt und in der Klimakammer mit Langtagbedingungen durchgeführt. Für die histologischen Untersuchungen wurden 4, 7, 10, 14, 21 und 28 Tage nach dem Stecktermin Stecklingsbasis-Proben entnommen, fixiert, in Kunstharz eingebettet und am Mikrotom geschnitten. Nach Färben mit Toluidinblau wurden die Schnitte am Mikroskop ausgewertet und fotodokumentarisch dargestellt. Für die Ermittlungen der Peroxidase-Aktivität wurden wöchentlich Mischproben aus fünf Stecklingsbasen entnommen und für spektroskopische Untersuchungen vorbereitet.

Anhand verbesserter Adventivwurzelbildung bei Stecklingen und Steckhölzern war der Rejuvenilisierungseffekt nachweisbar. Dieser kam bei verschiedenen Genotypen unterschiedlich zum Ausdruck. Die Stecklinge in vitro vermehrter Mutterpflanzen erzielten eine erhöhte Bewurzelungsrate und -qualität, oder bei Genotypen, die sich zu einem hohen Prozentsatz bewurzeln, nur eine bessere Bewurzelungsqualität (Wurzelanzahl, Wurzelmasse). Nur bei *Prunus tenella* 'Fire Hill' konnte kein Rejuvenilisierungseffekt beobachtet werden, was vermuten läßt, daß es sich um ein nicht genügend juveniles Pflanzenmaterial handelt.

Bei dem Vermehrungserfolg spielen nach dem Juvenilitätsstatus der Mutterpflanzen weitere Einflüsse, wie der optimale Stecktermin, Behandlung der Stecklinge und optimale Vermehrungsbedingungen eine wesentliche Rolle. Ein starker jährlicher Mutterpflanzenrückschnitt kann den Rejuvenilisierungseffekt der In-vitro-Vermehrung überlagern, aber auch verstärken und verlängern.

Die Reaktionen der Gehölze auf die witterungsbedingten Schwankungen waren art- und sortenspezifisch. Eine Überlagerung des Rejuvenilisierungseffektes durch die Wirkungen der Witterung bei der Adventivwurzelbildung konnte nicht festgestellt werden.

Es ist art- und sortenspezifisch, wieviele Jahre nach der In-vitro-Vermehrung der Rejuvenilisierungseffekt anhand verbesserter Adventivwurzelbildung sich noch nachweisen läßt. Die Stecklinge von 6-7 Jahre alten Mutterpflanzen konnten noch zu einem sehr hohen Prozentsatz (bis zu 100%) bewurzelt werden, jedoch verschlechterte sich die Bewurzelungsqualität in der Regel nach 4-5 Jahren. Bei Steckhölzern ließ die Wirkung des Rejuvenilisierungseffektes schon nach einem Jahr nach.

Die bewurzelten Stecklinge in vitro vermehrter Mutterpflanzen bei *Tilia cordata* 'Wega' konnten im Freiland mit einem höheren Erfolg überwintert werden als bewurzelte Stecklinge konventionell vermehrter Mutterpflanzen.

Die histologischen Studien zeigten, daß der Entstehungsort der Wurzelprimordien bei den untersuchten Genotypen das Kambium, oder die neugebildeten Phloemzellen in Kambiumnähe waren. Zwischen den verschiedenen Mutterpflanzenherkünften konnte im Entstehungsort und Aufbau der Wurzelprimordien kein Unterschied festgestellt werden. Die Adventivwurzelbildung verlief bei der In-vitro-Variante schneller als bei der konventionellen Variante.

In den meisten Fällen konnte keine Korrelation zwischen der Peroxidase-Aktivität und den Bewurzelungsergebnissen festgestellt werden. So kann die Peroxidase-Aktivität nicht als allgemeiner Marker dienen, um Gehölze mit unterschiedlichem Bewurzelungspotential voneinander zu unterscheiden und um Rückschlüsse von dem Ablauf der Peroxidase-Aktivität auf den Ablauf der Adventivwurzelbildung zu ziehen.

Aus der vorliegenden Arbeit geht die Empfehlung hervor, daß zur Stecklings- und (eingeschränkt) zur Steckholzvermehrung, insbesondere der als schwer vermehrbar geltenden Genotypen, in vitro vermehrte Gehölze als Mutterpflanze verwendet werden sollten.

7 Literaturverzeichnis

- AGHMIR, A. / KEVERS, C. / HAUSMANN, J.F. / GASPAR, T. 1991: Peroxidases, compartmentation cellulaire et enracinement in vitro de pousses de *Rhododendron catawbiense* Michaux cv. album
Arch. Intern. Physiol. Bioch. 99, 9
- ALBRECHT, H.-J. 1998: Interessante Cordata 'Wega' - Zur Selektion und autovegetativen Vermehrung von Winter-Linden
Deutsche Baumschule 7, 38
- AL-HUSSIN, Z. 1988: Die Wirkungsweise von Wachstumsregulatoren bei der autovegetativen Vermehrung von Ziergehölzen
Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin (unveröffentlicht)
- ALI, N. / WESTWOOD, M.N. 1968: Juvenility as related to chemical content and rooting of stem cuttings of *Pyrus* species
Journal of Amer. Soc. Hort. Sci. 93, 77-82
- BÄRTELS, A. 1996: Gehölzvermehrung
4. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart
- BASSUK, N. / MAYNARD, B. 1987: Stock Plant Etiolation
HortScience, 22 (5), 749-750
- BEAKBANE, A.B. 1969: Relationship between structure and adventitious rooting
Comb. Proc. Int. Plant. Prop. Soc. 19, 192-201
- BERGMANN, B.A. / HACKETT, W.P. / PELLETT, H. 1988: Comparison of rootability of stem cuttings from seedlings of *Aesculus* sp. and mature *Aesculus x arnoldiana* 'Autumn Splendor'
J. Environ. Hort. 6, 69-71
- BERTHON, J.Y. / MALDINEY, R. / SOTTA, B. / GASPAR, T. / BOYER, N. 1989: Endogeneous levels of plant hormones during the course of adventitious rooting in cuttings of *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) in vitro
Biochem. Physiol. Pflanzen 184, 405-412
- BERTLING, I. / BANGERT, F. 1995: Hormonale Veränderungen in jungen Trieben von *Sclerocaria birrea* nach einer durch Gibberellinbehandlung bzw. starkem Rückschnitt verursachten „Rejuvenilisierung“
Gartenbauwissenschaft, 60 (3), 119-124
- BLAKESLAY, D. / WESTON, G.D. / ELLIOTT, M.C. 1992: Increased rooting and survival of *Cotinus coggygria* cuttings from etiolated stock plants
Journal of Horticultural Science 67 (1), 33-37
- BOJARCZUK, K. 1978: Studies on endogenous rhizogenic substances during the process of rooting lilac (*Syringa vulgaris* L.) cuttings
The Plant Propagator 24, 3-6
- BOJARCZUK, K. 1979: Studies of rooting cofactors in lilac *Syringa vulgaris* L. cuttings
Acta Horticulturae 91, 501-505
- BRADFORD, M.M. 1976: A rapid and sensitive method for the quantisation of microgram quantities of protein utilising the principle of protein-dye binding
Anal. Biochem. 72, 248-253
- BRAUNE, W. / LEMAN, A. / TAUBERT, H. 1983: Pflanzenanatomisches Praktikum I
4. Auflage, VEB Gustav Fischer Verlag Jena
- BÜTTNER, L. 1993: Untersuchungen zur Kompatibilität und der Adventivwurzelbildung bei *Syringa vulgaris* L. -Hybriden unter Verwendung von in vitro vermehrten Mutterpflanzen und Unterlagen

- Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin (unveröffentlicht)
- CHÉE, R. 1984: „Verjüngungskur“ durch in vitro
Deutsche Baumschule 3, 117
- CLARK, J.R. 1981: Juvenility and plant propagation
Comb. Proc. Int. Plant. Prop. Soc. 31, 449-453
- CLARK, J.R. 1983: Age-related Changes in Trees
Journal of Arboriculture 9 (8), 201-205
- COUVILLON, G.A. 1988: Rooting responses to different treatments
Acta Horticulturae 227, 187-196
- DALET, F. / CORNU, D. 1989: Lignification level and peroxidase activity during in vitro rooting of
Prunus avium
Can. J. Bot. 67, 2182-2186
- DAVIES, F.T Jr. / HARTMANN, H.T. 1988: Vegetative Propagation of Woody Species
Acta Horticulturae 227, 113-120
- DAVIES, F.T Jr. / LAZARTE, J.E. / JOINER, J.N. 1982: Initiation and development of roots in juvenile
and mature leaf bud cuttings of *Ficus pumila* L.
Amer. J. Bot. 69, 804-812
- DE KLERK, G. / BRUGGE, T. / SMULDERS, R. / BENSCHOP, M. 1990: Basic peroxidases and
rooting in microcuttings of *Malus*
Acta Horticulturae 280, 29-36
- DEMBNY, H. 1987: Untersuchungen zur Regulation der Adventivwurzelbildung an In-vitro-
Sproßkulturen der Birke (*Betula pendula* Roth) mit Hilfe Fusicoccin
Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin
- DRUART, P. / KEVERS, C. / BOXUS, P.H. / GASPAR, T. 1982: In vitro promotion of root formation by
apple shoots through darkness effect on endogenous phenols and peroxidases
Z. Pflanzenphysiol. 108, 429-436
- ESAU, K. 1969: Pflanzenanatomie
G. Fischer Verlag, Stuttgart
- EWALD, D. / PUTENIKHIN, V.P. / KRETZSCHMAR, U. / STAROVA, N.V. 1995: Einbeziehung von
Gewebekulturtechniken zum Erhalt einer interessanten Baumform
Deutsche Baumschule Nr. 12, 611-612
- FOONG, W.T. / BARNES, M.F. 1981: The hormon levels in stem cuttings of difficult-to-root and easy-
to-root *Rhododendrons*
Biochem. Physiol. Pflanzen, Jena, 176, 13-22
- FOUDA, R.A. 1996: Anatomical characteristics of juvenile and adult shoots associated with rooting
ability of *X Cupressocyparis leylandii* cuttings
Horticultural Science, 28, 107-111
- FRANCLET, A. 1991: Biotechnologie in Rejuvenation: hope for the Micropropagation of difficult woody
plants
Acta Horticulturae (289), 273-282
- FRIEDRICH, G. / NEUMANN, D. / VOGL, M. 1986: Physiologie der Obstgehölze
2. Auflage, Akademie-Verlag Berlin, 378-383
- GASPAR, T. / KEVERS, C. / HAUSMAN, J.F. / BERTHON, J.Y. / RIPETTI, V. 1992: Practical uses of
peroxidase activity as a predictive marker of rooting performance of micropropagated shoots
Agronomie 12, 757-765
- GEHLE, F. 1995: In-vitro-Gehölze brauchen Image-Pflege - Umfrageergebnisse über die Akzeptanz
mikrovermehrter Gehölze

Deutsche Baumschule 12, 608-610

GINISING, U. / ZWIGART, T. 1995: Morphologische Unterschiede bei in und ex vitro
Deutsche Baumschule 9, 435

GONCALVES, C. J. / DIOGO, G. / AMANCIO, S 1998: In vitro propagation of chestnut (*Castanea sativa* x *C. crenata*): Effects of rooting treatments on plant survival, peroxidase activity and anatomical changes during adventitious root formation
Scientia Horticulturae 72, 265-275

HACKETT, W.P. 1985: Juvenility, maturation, and rejuvenation in woody plants
Horticultural Reviews, 109-155

HACKETT, W.P. 1988: Donor Plant Maturation and Adventitious Root Formation
in: DAVIS, T.D. / HAISSIG, B.E. / SANKHLA, N. 1988: Adventitious root formations in cuttings
Dioscorides Press, Portland, Oregon, 11-28

HAMMATT, N. / GRANT, N.J. 1993: Apparent rejuvenation of mature wild cherry (*Prunus avium* L.) during micropropagation
Journal of Plant Physiology 141 (3), 341-346

HAND, P. 1994: Biochemical and molecular markers of cellular competence for adventitious rooting
in: DAVIS, T. D. / HAISSIG, B. E. 1994: Biology of Adventitious Root Formation
Plenum Press, New York

HANSELMANN, E. 1997: 20 Millionen Pflanzen in vitro vermehrt
Taspo-Gartenbaummagazin 47, 1

HANSEN, J. 1987: Stock Plant Lighting and Adventitious Root Formation
HortScience 22 (5), 746-748

HARTMANN, H.T. / KESTER, D.E. / DAVIES, F.D. 1990: Plant Propagation - principles and practices
Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 5. Auflage

HARTMANN, W. 1984a: Zur Phasenentwicklung der Obstgehölze
Erwerbsobstbau 26 (5), 116-118

HARTMANN, W. 1984b: Zur Phasenentwicklung der Obstgehölze, II. Möglichkeiten einer Rejuvenation (Wiederverjüngung)
Erwerbsobstbau 26 (6), 135-140

HARTMANN, W. 1985: Untersuchungen über die Vermehrbarkeit der 'Bühler Zwetsche' durch Grünstecklinge
Deutsche Baumschule 10, 418-420

HOWARD, B 1990: Rooting Potential in Cuttings
The Garden 155 (11), 608-611

HOWARD, B.H. / HARRISON-MURRAY, R.S. / VASEK, J. / JONES, O.P. 1988: Techniques to enhance rooting potential before cutting collection
Acta Horticulturae 227, 176-186

HOWARD, B.H. / JONES, O.P. / VASEK, J. 1989: Long-term improvement in the rooting of plum cuttings following apparent rejuvenation
Journal of Horticultural Science 64 (2), 147-156

HOWARD, B.H. / MARKS, T.R. 1988: Interactions between micropropagation and conventional propagation
IPPS-Combined Proceedings 38, 247-251

HOWARD, B.H. / RIDOUT, M.S. 1992: A mechanism to explain increased rooting of *Syringa vulgaris* 'Mme Lemoine' following dark-treatment of the stockplant
Journal of Horticultural Science 67 (1), 103-114

- HOWARD, B.H. / HARRISON-MURRAY, R.S. 1995: Responses of dark-preconditioned and normal light-grown cuttings of *Syringa vulgaris* 'Mme Lemoine' to light and wetness gradients in the propagation environment
Journal of Horticultural Science 70 (6), 989-1001
- HÜBL, D. / HARTMANN, W. / STÖSSER, R. 1984: Anatomisch-histologische Untersuchungen der Wurzelbildung bei Grünstecklingen von *Prunus cerasus* L. und *Prunus domestica*
Gartenbauwissenschaften 49 (5/6), 193-199
- JACOB, F.D. / JESCH, H.-H. / DAVID, K. 1995: In-vitro verjüngte Zierkirschen und Flieder
Deutsche Baumschule 9, 435
- JACOB, F.D. / JESCH, H.-H. 1994: Einfluß der Vermehrungsmethode der Mutterpflanzen, der Stecklingsart und Wuchsstoffbehandlung auf die Adventivwurzelbildung bei *Prunus tenella* 'Fire Hill'
Versuche im deutschen Gartenbau / Baumschule und Obstbau, 53
- JAMES, C. 1994: In-vitro-Vermehrung mit vielen Möglichkeiten
Deutscher Gartenbau 49, 2944-2945
- JARVIS, B.C. / SHAHEED, A.I. 1986: Auxin uptake, transport and accumulation in relation to rooting and aging of mung bean cuttings
Biochem. Physiol. Pflanzen, Jena, 181, 597-604
- JESCH, H.-H. / DAVID, K. 1996: Flieder durch Stecklinge
Deutsche Baumschule 1, 716
- JESCH, H.-H. / PLIETZSCH, A. 1996: Mikrovermehrung von Gehölzen - in BÄRTELS: Gehölzvermehrung
4. Auflage, Ulmer Verlag Stuttgart
- JESCH, H.-H. 1988: Anwendung der In-vitro-Vermehrung bei Ziergehölzen
Gartenbau 35, 184
- JONES, O.P. / HOPGOOD, M.E. 1979: The successful propagation in vitro of two rootstocks of *Prunus*: the plum rootstock Pixy (*P. insititia*) and the cherry rootstock F12/1 (*P. avium*)
Journal of Horticultural Science 54 (1), 63-66
- KANTARCI, M. / AYFER, M. 1994: Propagation of some important Turkish hazelnut varieties by cuttings
Acta Horticulturae 351, 353-360
- KLEINSCHMIT, J. / MEIER-DINKEL, A. 1990: Biotechnologie in forest tree improvement: Trees of the future
in: RODRIGUES et al. (ed.) Plant Aging: Basic and Applied Approaches
Plenum Press, New York, 319-324
- KRISTIANSEN, K. 1991: Post propagation growth of cuttings in-vitro and in-vivo propagated stock plants of *Ficus benjamina*
Scientia Horticulturae (46), 315ff
- KRÜSSMANN, G. 1997: Die Baumschule
6. Auflage, Parey Buchverlag Berlin
- LIBBERT, E. 1993: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie
5. Auflage, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart
- LÜCK, S. 1998: Zur Beeinflussung der Adventivwurzelbildung bei *Amelanchier lamarckii* 'Ballerina' und *Prunus tenella* 'Fire Hill' unter Berücksichtigung von Stecklingsbehandlung und Mutterpflanzenjuvenilität
Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin (unveröffentlicht)
- LYR, M. / FIEDLER, H.-J. / TRANQUILLINI, W. 1992: Physiologie und Ökologie der Gehölze
Gustav Fischer Verlag Jena-Stuttgart, 515
- MAC CARTHAIGH, D. 1988: Steigende Zahlen mikrovermehrter Gehölze seit 1980

- Deutsche Baumschule 1, 10-11
- MARKLEY, R. 1995: Baumschulversuche: Aktuelle Ergebnisse
Deutsche Baumschule 9, 434-435
- MARKLEY, R. 1997: In vitro-Vermehrung als Jungbrunnen
Deutsche Baumschule 7, S.376
- MARKS, T.R. 1991a: Rhododendron cuttings. I. Improved rooting following 'rejuvenation' in vitro
Journal of Horticultural Science, 66 (1), 103-111
- MARKS, T.R. 1991b: Rhododendron cuttings. II. Factors affecting rooting following micropropagation
Journal of Horticultural Science, 66 (1), 113-118
- MATSCHKE, J. / LODDER, E. 1994: Stecklinge von jungen Mutterpflanzen bewurzeln sich deutlich schneller
TASPO-Gartenbaummagazin 3 (8), 42-44
- McCONNEL, J.F. / HERMAN, D.E. 1980: The Effect of gibberellic acid and benzyladenine in inducing bud break and overwintering of rooted softwood cuttings
IPPS-Combined Proceedings 30, 398-404
- MEIER-DINKEL, A. / KLEINSCHMIT, J. 1990: Aging in tree species: Present knowledge
In: RODRIGUEZ, R. / TAMES, R.S. / DURZAN, D.J.: Plant Aging: Basic and Applied Approaches, Proceedings of the NATO, Advanced Study Institute, Ribadesella, Spain, 51-63
- MEISSNER, N. 1995: Untersuchungen zur autovegetativen Vermehrung von *Prunus serulata* 'Kanzan' unter Verwendung in vitro vermehrter Mutterpflanzen
Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin (unveröffentlicht)
- MISKE, D.M. / BASSUK, N.L. 1985: Propagation of hybrid lilacs using stock plant etiolation
J. Environ. Hort. 3, 111-114
- MONCOUSIN, C. / GASPAR, T. 1983: Peroxidase as a marker for rooting improvement of *Cynara scolymus* L. cultured in vitro
Biochem. Physiol. Pflanzen 178, 263-271
- MONCOUSIN, C. 1991: Rooting of microcuttings: general aspects
Acta Hort. 289, 301-310
Rooting of microcuttings: fundamental aspects
Acta Horticulturae 289, 311-317
- MURASHIGE, T. / SKOOG, F. 1962: A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures
Physiol. Plant. 15, 473-497
- PASSECKER, F. 1977: Theorie der ontogenetischen Evolution und Alterung holziger Gewächse
Die Bodenkultur 28, 277-279
- PATIENCE, P.A. / ALDERSON, P.G. 1987: Development of a system to study peroxidases during the rooting of lilac shoots produced in vitro
Acta Horticulturae 212, 267-272
- PIERIK, R.L.M. 1988: In vitro culture of higher plants as a tool in the propagation of horticultural crops
Acta Horticulturae 226, 25-40
- PIERIK, R.L.M. 1990: Rejuvenation and Micropropagation
Progress in Plant Cellular and Molecular Biology, Proc. VII.th. Int. Cong. on Plant. Tissue and Cell Culture
Amsterdam, 91-101
- PINKER, I. / BETHKE, I. 1997: Mikrovermehrung von *Prunus serrulata* 'Kanzan'
Deutsche Baumschule 8, 426-427
- PINKER, I. / JESCH, H.-H. / KLAUSCH, A. 1995: Bewurzelung und Akklimatisation in vitro vermehrter *Tilia cordata* 'Wega'-Sprosse
Gartenbauwissenschaft 60 (6), 253-258

- PINKER, I. / SCHMIDT, S. 1997: In-vitro-Vermehrung von Amelanchier
1. Wildfruchttagung, Berlin, 60-62
- PINKER, I. 1993: Bewurzelung von in vitro vermehrten Gehölzen
Taspo Gartenbaumagazin 2 (9), 55-57
- PINKER, I. 1995: Der Einfluß des Licht/Dunkel-Rythmus auf die in vitro-Vermehrung von Ziergehölz-Sproßkulturen
Gartenbauwissenschaft 60 (1), 37-41
- PLIETZSCH, A. / GENERLICH, T. 1995: Der Einfluß verschiedener Feuchtereimes auf die Stecklingsbewurzelung von *Prunus kurilensis* 'Brillant' aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzenherkünften
Versuche im deutschen Gartenbau / Baumschule und Obstbau
- PLIETZSCH, A. / HAMAR, B. 1999: Hilft Juvenilität der Mutterpflanzen dem Steckling überwintern?
Deutsche Baumschule 2, 14-15.
- PLIETZSCH, A. / HEILIGER, P. 1997: Kühlagerung unbewurzelter Stecklinge aus verschiedenen juvenilen Mutterpflanzen-Herkünften
Deutsche Baumschule 2, 62
- PLIETZSCH, A. 1993: Vermehrung schwer bewurzelbarer Ziergehölze
Gartenbaumagazin 5, 63
- PLIETZSCH, A. 1994: Lagerfähigkeit unbewurzelter Stecklinge von sommergrünen Gehölzen
TASPO-Gartenbaumagazin 4, 35-37
- PLIETZSCH, A. 1996a: Erste Überwinterung kritisch für Hamamelis-Stecklinge
TASPO-Gartenbaumagazin 12, 54-56
- PLIETZSCH, A. 1996b: Nutzung in vitro vermehrter Gehölze als Mutterpflanzen für konventionelle Vermehrungsverfahren
in BÄRTELS, A. 1996: Gehölzvermehrung
4. Auflage, Ulmer Verlag Stuttgart, 199-209
- PLIETZSCH, A. 1997: Bewurzelte Stecklinge günstig überwintern.
Deutsche Baumschule 9, 474-476
- PLIETZSCH, A. 1999a: Vortrag, DGG-tagung, Dresden
- PLIETZSCH, A. 1999b: Vortrag , Fachgebiet Vermehrungstechnologie/Baumschulwesen, Humboldt-Universität zu Berlin
- PORLINGIS, I.C. / THERIOS, I. 1976: Rooting response of juvenile and adult leafy olive cuttings to various factors
Journal of Horticultural Science 51, 31-39
- POSTWEILER, K. / HARTMANN, W. / STÖSSER, R. 1989: Einfluß eines starken Rückschnitts von Mutterbäumen auf die Rejuvenilisation.
Erwerbsobstbau 31 (7), 176-179
- PREIL, W. 1997: Autovegetative Gehölzvermehrung
in KRÜSSMANN, G.: Die Baumschule
Parey Buchverlag Berlin, 6. Auflage
- PYTHOUD, F. / BUCHALA, A.J. 1989: Peroxidase activity and adventitious rooting in cuttings of *Populus tremula* L.
Plant Physiol. Biochem. 27, 503-510
- RIVAL, A. / BERNARD, F. / MATHIEU, I. 1997: Changes in peroxidase activity during in vitro rooting of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)
Scientia Horticulturae 71, 103-112
- ROMEIS, B. 1989: Mikroskopische Technik
herausgeg. von P. Böck, Urban & Schwarzenberg, 17. Auflage
- ROSS, H. 1998: Vortrag

Institut für Biologie, Humboldt-Universität zu Berlin

- SCHMIDT, G. / FOU DA, R.A. 1994: Anatomical structure of stem and rooting ability in English oak (*Quercus robur* L.) softwood cuttings
Kertészeti tudomány 26, 101-104
- SCHMIDT, G. / KOVÁCS, I. / PÁL, J. / PÁLFI, P. / KOVÁCS, J. 1994: Propagation of unusual woody plants by hardwood cuttings on bottom heat
Sep. Publ. Univ. Hortikult. Vol. LIV, 115-119
- SCHMIDT, G. / MÁRTA, K. / PÁL, J. 1995: Effekt of age of micropropagated and cutting-propagated stockplants on the rooting of 3 *Sorbus* hybrids
Kertészeti Tudomány 27 (1-2), 77-79
- SCHMIDT, G. 1977: Az 'Andenken an Ludwig Späth' orgonafajta hajtásrészeinek gyökeresedőképessége
Sep. Publ. Univ. Hortikult. Vol. XLI. 67-70
- SCHMIDT, G. 1978: Studies on some factors concerning the rooting of green cuttings of common lilac (*Syringa vulgaris*)
Lilac Newsletter 4, 1-12
- SCHMIDT, G. 1980: A *Tilia argentea* Desf zölddugványainak gyökeresedéséről
Kertgazdaság, 12. évf. 1. szám 33-44
- SCHMIDT, G. 1982a: A járulékos gyökérképződés indukálása az ezüsthárs (*Tilia tomentosa* MOENCH) klónok elszaporításánál
Sep. Publ. Univ. Hortikult. Vol. XLVI, TOM 14, 109-115
- SCHMIDT, G. 1982b: A teljes és részleges etiolálás hatása az ezüsthárs- (*Tilia tomentosa*-) hajtás gyökeresedőképességére
Kertgazdaság, XIV(2), 77-82
- SCHMIDT, G. 1986: Effect of etiolation on the histological structure of the stem of *Tilia tomentosa* MOENCH.
Folia dendrologica, 13, 217-262
- SCHMIDT, G. 1989: Induction of juvenility and rooting of some woody ornamentals
IPPS-Combined Proceedings 39, 250-253
- SCHMIDT, G. 1995: Az anyanövény életkora, a hajtás juvenilis jellege és a dugványok gyökeresedése közötti összefüggések vizsgálata a Cupressaceae családban
Új Kertgazdaság 1 (1-2), 32-39
- SCHMIDT, G. 1997: Comparative studies of the rooting capacity of softwood cuttings taken from different parts of the stock plants, on the example of two Hungarian *Sorbus* cultivars
Horticultural Science 29 (1-2), 70-73
- SCHULZE, K. 1991: Wirkung des Rejuvenilisierungseffektes bei der autovegetativen Vermehrung
Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin
- SKOLIDIS, K. / HARTMANN, W. / STÖSSER, R. 1990a: Einfluß einer Etiolierung auf die Kallusbildung und Wurzelentwicklung bei Steckhölzern von *Prunus cerasifera*
Erwerbsobstbau 32 (6), 163-165
- SKOLIDIS, K. / HARTMANN, W. / STÖSSER, R. 1990b: Histologische Untersuchungen der Wurzelbildung an Steckhölzern von Pflaumenunterlagen und -sorten
Gartenbauwissenschaft 55 (4), 151-154
- SPELLERBERG, B. / BÜNEMANN, G. 1985: Bewurzelungsrate, Austrieb und Überwinterung bei der Stecklingsvermehrung von schwierigen Laubgehölzarten
Deutsche Baumschule 10, 421-423
- SPELLERBERG, B. 1985: Verbesserung des Vermehrungserfolges bei schwer vermehrbaren Laubgehölzen. I. Der Einfluß des Vermehrungsklimas auf Inhaltstoffe und weiteres Wachstum der bewurzelten Stecklinge
Gartenbauwissenschaft 2, 71-77

- SPELLERBERG, B. 1986: Verbesserung des Vermehrungserfolges bei schwer vermehrbaren Laubgehölzen. II. Stecktermin und wachstumsfördernde Maßnahmen für Austriebsleistung und anschließende Überwinterungsrate der bewurzelten Stecklinge
Gartenbauwissenschaft 4, 159-165
- SPETHMANN, W. 1982: Stecklingsvermehrung von Laubbaumarten
Deutscher Gartenbau 2, 42-48
- SPETHMANN, W. 1986: Stecklingsvermehrung bei Waldbäumen
Deutscher Baumschule 4, 148-153
- SPETHMANN, W. 1997: Autovegetative Gehölzvermehrung
in KRÜSSMANN, G.: Die Baumschule
6. Auflage, Parey Buchverlag Berlin
- SRISKANDARAJAH, S. / MULLINS, M.G. / NAIR, Y. 1982: Induction of adventitious rooting in vitro in difficult-to-propagate cultivars of apple
Plant Science Letters 24, 1-9
- STEFANOVITSNĚ, B. Ě. 1999: Mündliche Mitteilungen
- STRASSBURGER, A. 1991: Lehrbuch der Botanik
33. Auflage, G. Fischer Verlag, Stuttgart,
- TROLL, W. 1973: Allgemeine Botanik
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 4. Auflage, 321
- VERMEER, E. 1991: Rejuvenation, Micropropagation and Field Testing of *Quercus robur*
Acta Horticulturae 289, 324
- VERSTAGE, C. 1979: Propagation of *Corylopsis*
IPPS-Combined Proceedings 29, 204-205
- WALDENMAIER, S. / BÜNEMANN, G. 1993: In-vitro-Kultur von *Syringa-Vulgaris*-Hybriden - II
Wachstum und Stecklingsvermehrbarkeit ex vitro
Gartenbauwissenschaft 58 (3) 104-110
- WALDENMAIER, S. / SCHMIDT, G. 1990: Histologische Unterschiede zwischen in-vitro- und ex-vitro-Blättern bei der Abhärtung von *Rhododendron*
Gartenbauwissenschaft, 55 (2), 49-54
- WALDENMAIER, S. / SCHMIDT, G. 1993: Histological studies on in vitro and ex vitro leaves during the adaptation phase of *Rhododendron* 'Pink Pearl'
Acta Agronomica Hungarica, 42 (1-2), 11-21
- WALDENMAIER, S. 1991: Vermehrungsverfahren für *Syringa* unter Verwendung der In-vitro-Kultur
Dissertation, Universität Hannover
- WIEDENROTH, E. M. 1999: Mündliche Mitteilungen

8 Tabellenverzeichnis

Tab.1: Versuchsmaterial zur Stecklingsvermehrung 1996-1998, Stecktermin und Boniturtermin (Kon=konventionell vermehrte Mutterpflanze, IV=in vitro vermehrte Mutterpflanze, u=ungeschnitten)	16
Tab.2: Versuchsmaterial zur Steckholzvermehrung 1996-1998, Steckholzlänge (Kon=konventionell vermehrte Mutterpflanze, IV=in vitro vermehrte Mutterpflanze)	20
Tab.3: Für die Auswertung verwendete statistische Tests	22
Tab.4: Versuchsmaterial für die Überwinterung 1996-1999 (Kon=konventionell vermehrte Mutterpflanze, IV=in vitro vermehrte Mutterpflanze)	22
Tab. 5: Temperaturbedingungen in Berlin-Köpenick im Winter 1996/97, 1997/98 und 1998/99.	23
Tab. 6: Luftfeuchtigkeitsbedingungen in Berlin-Köpenick im Winter 1996/97, 1997/98 und 1998/99.	23
Tab.7: Anteil der bewurzelten Stecklinge mit Durchtrieb vor der Überwinterung in drei Versuchsjahren, ausgewertet jeweils im Oktober.	61
Tab.8: Ausbeute an Stecklingen mit Neutrieb am Ende der Vegetationsperiode 1997 bezogen auf den Anteil bewurzelter Stecklinge 1996, ausgewertet 02.09.1997.	63
Tab.9: Ausbeute an Stecklingen mit Neutrieb am Ende der Vegetationsperiode 1998 bezogen auf den Anteil bewurzelter Stecklinge 1997, ausgewertet am 22.09.1998.	64
Tab.10: Mikroskopische und makroskopische*) Beobachtungen während der Adventivwurzelbildung bei verschiedenen Genotypen	32

9 Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Querschnitt der <i>Corylopsis pauciflora</i> -Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze am Tag 0.	26
Abb. 2: Wurzelprimordium im Jungstadium im Querschnitt der <i>Corylopsis pauciflora</i> -Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze 14 Tage nach dem Stecken	26
Abb.3: Querschnitt der <i>Corylopsis pauciflora</i> -Stecklingsbasis konventionell vermehrter Mutterpflanze 21 Tage nach dem Stecken.	27
Abb.4: Wurzelprimordium im Querschnitt der <i>Corylopsis pauciflora</i> -Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze 21 Tage nach dem Stecken.	27
Abb.5: Wurzelprimordium im Jungstadium im Querschnitt der <i>Corylopsis pauciflora</i> -Stecklingsbasen konventionell vermehrter Mutterpflanze 28 Tage nach dem Stecken.	28
Abb.6: Wurzelprimordium im Querschnitt der <i>Corylopsis pauciflora</i> -Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze 28 Tage nach dem Stecken	28
Abb.7: Querschnitt der <i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanzen 21 Tage nach dem Stecken	29
Abb.8: Querschnitt der <i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanzen 21 Tage nach dem Stecken	29
Abb.9: Querschnitt der <i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze 21 Tage nach dem Stecken	30
Abb.10: Querschnitt der <i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanze 21 Tage nach dem Stecken	30
Abb.11: Querschnitt der <i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanzen 28 Tage nach dem Stecken	31
Abb.12: Anhäufungender Sklerenchymzellen im Querschnitt vom <i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'-Stecklingsbasis in vitro vermehrter Mutterpflanzen 21 Tage nach dem Stecken	31
Abb.13: Peroxidase-Aktivität bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Florent Stepman' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1997.	34
Abb.14: Peroxidase-Aktivität bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Florent Stepman' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1998.	34
Abb.15: Peroxidase-Aktivität bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an Ludwig Späth' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1997.	35
Abb.16: Peroxidase-Aktivität bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an Ludwig Späth' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1998.	35
Abb.17: Peroxidase-Aktivität bei <i>Corylopsis pauciflora</i> während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1997.	36

Abb.18: Peroxidase-Aktivität bei <i>Corylopsis pauciflora</i> während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1998.	36
Abb.19: Peroxidase-Aktivität bei <i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1998.	37
Abb.20: Peroxidase-Aktivität bei <i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1997.	38
Abb.21: Peroxidase-Aktivität bei <i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant' während der Adventivwurzelbildung im Jahr 1998.	39
Abb.22: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L. Späth' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	41
Abb.23: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L. Späth' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	41
Abb.24: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L. Späth' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	41
Abb.25: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Lemoine' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	43
Abb.26: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Lemoine' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	43
Abb.27: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Lemoine' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	43
Abb.28: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	45
Abb.29: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	45
Abb.30: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	45
Abb.31: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	47
Abb.32: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	47
Abb.33: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	47
Abb.34: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Prunus serrulata</i> 'Kanzan' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	49
Abb.35: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Prunus serrulata</i> 'Kanzan' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	49

Abb.36: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Prunus serrulata</i> 'Kanzan' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	49
Abb.37: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Amelanchier laevis</i> 'Ballerina' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	51
Abb.38: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Amelanchier laevis</i> 'Ballerina' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	51
Abb.39: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Amelanchier laevis</i> 'Ballerina' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	51
Abb.40: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Corylopsis pauciflora</i> in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	53
Abb.41: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Corylopsis pauciflora</i> in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	53
Abb.42: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Corylopsis pauciflora</i> in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	53
Abb.43: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	55
Abb.44: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	55
Abb.45: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	55
Abb.46: Bewurzelungsrate von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Tilia cordata</i> 'Wega' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	57
Abb.47: Wurzelanzahl von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Tilia cordata</i> 'Wega' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	57
Abb.48: Wurzelfrischmasse von Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei <i>Tilia cordata</i> 'Wega' in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	57
Abb.49: Bewurzelungsrate und -qualität bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an Ludwig Späth'-Steckhölzern in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	58
Abb.50: Bewurzelungsrate und -qualität bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Lemoine'-Steckhölzern in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	59
Abb.51: Bewurzelungsrate und -qualität bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Katherine Havemeyer'-Steckhölzern in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	59
Abb.52: Bewurzelungsrate und -qualität bei <i>Syringa vulgaris</i> 'Mme Florent Stepman'-Steckhölzern in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	59
Abb.53: Bewurzelungsrate und -qualität bei <i>Prunus serrulata</i> 'Kanzan'-Steckhölzern in den Jahren 1996, 1997 und 1998.	60

Abb. 54: Vergleich der Überwinterungsquote (überwinterte Stecklinge je bewurzelte Stecklinge) 1996/97 von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega', ausgewertet am 07.05.1997.

Abb.55: Vergleich der Überwinterungsquote (überwinterte Stecklinge je bewurzelte Stecklinge) 1997/98 von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega', ausgewertet am 25.05.1998.

62

Abb.56: Vergleich der Überwinterungsquote (überwinterte Stecklinge je bewurzelte Stecklinge) 1998/99 von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega', ausgewertet am 02.05.1999.

62

Abb.57: Vergleich des Neutriebes nach der Überwinterung (1996/97) von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega'. Überwintert in Multitopfpaletten, ausgewertet am 02.09.1997.

63

Abb.58: Vergleich des Neutriebes nach der Überwinterung (1997/98) von bewurzelten Stecklingen aus verschiedenen Mutterpflanzenherkünften bei *Tilia cordata* 'Wega'. Überwintert in 10-er Töpfen, ausgewertet am 22.09.1998.

64

Anhang

Tab.I: Angaben zur Peroxidase-Aktivität. BR=Bewurzelungsrate, WA=Wurzelszahl, WM=Wurzelmasse, PA= Peroxidase-Aktivität

Genotyp	Verm. Jahr	Variante	BR (%)	WA (St.)	WM (g)	PA-Ausgangswert	PA-Maximum
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman'	1997	Kon87	68,7	6,3	0,61	0,091	0,791
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman'	1997	IV93	75	9,7	0,98	0,016	1,585
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman'	1998	Kon87	50	7,4	0,79	0,533	1,172
<i>Syringa vulgaris</i> 'Mme F. Stepman'	1998	IV94	70,8	9,5	0,87	0,57	1,561
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L.Späth'	1997	Kon87	87,5	7,8	1,03	0,266	1,934
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L.Späth'	1997	IV96	68,7	7,9	1,76	0,646	1,975
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L.Späth'	1998	Kon87	87,5	8,8	1,12	0,197	1,274
<i>Syringa vulgaris</i> 'Andenken an L.Späth'	1998	IV94	64,6	10,5	1,39	0,439	1,031
<i>Corylopsis pauciflora</i>	1997	Kon91	93,7	7,8	0,25	0,117	0,766
<i>Corylopsis pauciflora</i>	1997	IV95	66,6	17,9	0,33	0,002	0,495
<i>Corylopsis pauciflora</i>	1998	Kon91	95,8	13,2	0,41	0,098	0,705
<i>Corylopsis pauciflora</i>	1998	IV95	100	17,9	0,60	0,016	1,015
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	1998	Kon92	100	10,6	2,18	0,013	1,889
<i>Cotinus coggygria</i> 'Royal Purple'	1998	IV95	100	15,9	4,32	0,006	1,166
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	1997	Kon94	0	-	-	0,005	0,198
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	1997	IV95	0	-	-	0,029	0,642
<i>Prunus tenella</i> 'Fire Hill'	1997	IV96	4	1,8	0,29	0,06	0,288
<i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'	1998	Kon85	68,7	1,7	1,20	0,042	0,711
<i>Prunus kurilensis</i> 'Brillant'	1998	IV94	60,4	1,9	1,62	0,151	0,741